1(7) Bulletin Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.
1(7)

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin – Boletín

Vol. 1, No. 7

A STUDY OF CHANGES IN FISHING EFFORT, ABUNDANCE, AND YIELD FOR YELLOWFIN AND SKIPJACK TUNA IN THE EASTERN TROPICAL PACIFIC OCEAN

ESTUDIO SOBRE LOS CAMBIOS EN EL ESFUERZO DE PESCA, ABUNDANCIA Y RENDIMIENTO DEL ATUN ALETA AMARILLA Y BARRILETE EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL TROPICAL

by — por

BELL M. SHIMADA and - y MILNER B. SCHAEFER

La Jolla, California
1956

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin – Boletín

Vol. 1, No. 7

A STUDY OF CHANGES IN FISHING EFFORT, ABUNDANCE, AND YIELD FOR YELLOWFIN AND SKIPJACK TUNA IN THE EASTERN TROPICAL PACIFIC OCEAN

ESTUDIO SOBRE LOS CAMBIOS EN EL ESFUERZO DE PESCA, ABUNDANCIA Y RENDIMIENTO DEL ATUN ALETA AMARILLA Y BARRILETE EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL TROPICAL

by — por

BELL M. SHIMADA and - y MILNER B. SCHAEFER

La Jolla, California
1956

CONTENTS — INDICE

ENGLISH VERSION — VERSION EN INGLES

Page

SUMMARY 351

ACKNOWLEDGEMENTS 352

INTRODUCTION 352

THE RESOURCES 353

Distribution and natural history of the yellowfin and skipjack tuna 353
Population relationships 355
Population inferences from morphometric studies 355
Population inferences from tagging 356

THE FISHERY 356

Fishing methods 357
Live-bait fishing 357
Purse-seining 358

Fishing areas 359

Historical development 360
The outgrowth of the yellowfin and skipjack fishery from the California fishery for albacore tuna 360
The opening of Lower California tuna resources to American exploitation 360
Evolution of the modern high-seas tuna fishing fleet and expansion of the fishery into equatorial regions of the Eastern Pacific Ocean 361
World War II and the post-war period 362

Changes in yield of the older fishing grounds 363

THE PROBLEM 367

Theoretical considerations 367
Approach to the problem 370

MEASURES OF YIELD, ABUNDANCE, AND INTENSITY 371

Yield 371

Abundance 371

Catch per day's absence 372
Sources and treatment of data 372
Success of fishing 375
Catch per day's absence as a measure of abundance 375
Standardization of the catch per day's absence 376

Catch per day's fishing 378
Collection of logbook information 378
The statistical area system 379
Analysis and treatment of logbook data 379
The relationship between catch per day's fishing and catch per day's absence 380
Standardization of the catch per day's fishing 380
Comparison of the catch per day's fishing derived from logbook data and the catch per day's fishing calculated from day's absence data 381
Comparison of the catch per day's absence standardized by adjustment factors and the catch per day's fishing standardized by efficiency factors 382

Fishing intensity 383
Calculated relative intensity of fishing 383

CONTENTS — INDICE (Continued)

Page

RELATIONSHIP BETWEEN ABUNDANCE AND FISHING INTENSITY 383
- Yellowfin tuna 384
- Skipjack tuna 384
- Possible effects of gear competition 385
- Economic effects on the geographic distribution of fishing effort and the effects of abundance of yellowfin on fishing for skipjack in more distant areas 386

CONCLUSIONS 387
- Yellowfin tuna 387
- Skipjack tuna 387

FIGURES — ILUSTRACIONES 388

TABLES — TABLAS 403

SPANISH VERSION — VERSION EN ESPAÑOL

Página

RESUMEN 422

RECONOCIMIENTO 423

INTRODUCCION 423

LOS RECURSOS 424
- Distribución e historia natural de los atunes aleta amarilla y barrilete 425
- Relaciones de la población 426
  - Deducciones acerca de la población a través de estudios morfométricos 427
  - Deducciones acerca de la población a través de la marcación de especímenes 427

LA PESQUERIA 428
- Métodos de pesca 429
  - Pesca con carnada viva 429
  - Pesca con barcos que usan redes de encierre 430
- Areas de pesca 431
- Desarrollo histórico 432
  - Desarrollo de la pesquería de atún aleta amarilla y barrilete desde la pesquería de albacora en California 432
  - Apertura de los recursos de atún de Baja California a la explotación americana 433
  - Evolución de la moderna flota atunera de alta mar y expansión de la pesquería hacia las regiones ecuatoriales del Océano Pacífico Oriental 433
  - La Segunda Guerra Mundial y el período de post-guerra 435
- Cambios en el rendimiento de las áreas de pesca más antiguas 436

EL PROBLEMA 441
- Consideraciones teóricas 441
- Método de estudiar el problema 444

CONTENTS — INDICE (Continued)

Página

MEDIDAS DE RENDIMIENTO, ABUNDANCIA, E INTENSIDAD 445
- Rendimiento 445
- Abundancia 445
  - Pesca por día de ausencia 447
    - Fuentes y modo de usar los datos 447
    - Resultados en la pesca 449
    - La pesca por día de ausencia como una medida de la abundancia 450
    - Regulación de las pesca por día de ausencia 451
  - Pesca por día de actividad 453
    - Recolección de datos contenidos en los registros de bitácora 453
    - Sistema estadístico por áreas 454
    - Análisis y modo de usar los datos de los registros de bitácora 455
    - Relación entre la pesca por día de actividad y la pesca por día de ausencia 455
    - Regulación de la pesca por día de actividad 456
    - Comparación de la pesca por día de actividad derivada de los datos de los registros de bitácora con la pesca por día de actividad calculada según los datos de la pesca por día de ausencia 457
    - Comparación de la pesca por día de ausencia, regulada por factores de corrección, con la pesca por día de actividad, regulada por factores de eficiencia 458
- Intensidad de la pesca 459
  - Cálculo de la relativa intensidad de la pesca 459

RELACIONES ENTRE LA ABUNDANCIA Y LA INTENSIDAD DE LA PESCA .. 460
- Atún aleta amarilla 460
- Barrilete 461
- Posibles efectos de la competencia en equipos de pesca 461
- Efectos económicos de la distribución geográfica del esfuerzo de pesca y efectos de la abundancia de atún aleta amarilla sobre la pesca de barrilete en áreas más distantes 462

CONCLUSIONES 463
- Atún aleta amarilla 464
- Barrilete 464

LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA 465

A STUDY OF CHANGES IN FISHING EFFORT, ABUNDANCE, AND YIELD FOR YELLOWFIN AND SKIPJACK TUNA IN THE EASTERN TROPICAL PACIFIC OCEAN

by

Bell M. Shimada and Milner B. Schaefer

SUMMARY

The rapid growth of the Eastern Pacific fishery for yellowfin and skipjack tuna since the end of World War II has given rise to questions concerning the rational utilization of these resources. As part of the Inter-American Tropical Tuna Commission's program of research designed to investigate these problems, a study was undertaken to determine from the historical records of the fishery the effects of fishing upon the stocks of yellowfin and skipjack tuna of the Eastern Pacific region and to evaluate the present condition of these stocks with respect to the maximum equilibrium yield.

These objectives were approached by a method of analysis based upon the concept that if the variations in population size from fishery-dependent factors are large, relative to the effects of fishery-independent factors, there should be a measurable relationship between changes in population size with changes in intensity of fishing, considering the Eastern Pacific tuna populations as discrete biological units. The essential measurements of total yield, population abundance in terms of the standardized catch per unit of effort, and fishing intensity were obtained from the quantitative records of the operations and results of the tuna fishing fleet for the series of years from 1934 to 1954.

It was concluded from the inverse relationships exhibited between changes in apparent abundance and fishing effort that the amount of fishing has had a real effect upon the stock of Eastern Pacific yellowfin tuna, taken in the aggregate, over the period studied. The evidence suggests also that for this species the intensity of fishing in some recent years has reached and might even have exceeded the level corresponding to the maximum equilibrium yield. For skipjack, no correlation was found between changes in population size with changes in fishing intensities thus far encountered, indicating that the fishery has had little, if any, apparent effect on the abundance of this species. It therefore appears that further increases in the sustainable total catch of yellowfin tuna above that already attained cannot be expected from increased fishing effort, whereas, for skipjack, it seems possible to increase the average annual catch on a sustained basis without detriment to the welfare of the resource.

ACKNOWLEDGEMENTS

While many individuals and organizations contributed to the preparation of this report, particular credit must be given to members of the California tuna fishing and canning industries and to the California Department of Fish and Game for kindly making their records available for study. The excellent cooperation received from personnel of the U. S. Bureau of Customs at San Pedro and San Diego, California is also gratefully acknowledged.

Franklin G. Alverson and Rolf Juhl, of the Commission staff, were responsible for the collection of boat-catch records and the supervision of work relating to the analysis and tabulation of these data. Barbara Andersen prepared the illustrations used in this report.

INTRODUCTION

The commercial high-seas fishery for yellowfin and skipjack tuna of the Eastern Tropical Pacific Ocean grew rapidly after the end of World War II. The intensity of fishing mounted steadily as the size of the United States fishing fleet, which produces the major share of the landings of the tropical tunas, increased, and as local tuna fisheries were developed by some of the Latin American countries bordering the Pacific. The total catch rose sharply under the stimulus of these developments and, in 1950, record landings of over 354 million pounds of yellowfin and skipjack, valued in excess of 50 million dollars, were taken from the Eastern Pacific region. This rapid development of the fishery has given rise to important questions respecting the effects of increased exploitation upon the Eastern Pacific stocks of these species, and the manner in which they may be best utilized for the greatest permanent benefit.

In order to provide answers to the problems of the fishery through intensive and impartial scientific investigations, the Inter-American Tropical Tuna Commission was established by a treaty between the United States and Costa Rica which was signed in 1949 and ratified in 1950. In 1951, research was commenced by the Commission along several lines of inquiry designed to fulfill its responsibilities under the Convention, which states that the Commission shall gather and interpret "factual information to facilitate maintaining, at a level which will permit maximum sustainable catches, the populations of yellowfin and skipjack tuna and other kinds of fishes taken by tuna fishing vessels in the Eastern Pacific Ocean." Support of the Commission's activities was broadened in 1953 by the adherence of the Republic of Panama to the Convention, which, uniquely, is open for participation by all countries having an interest in the tropical tuna fishery of the Eastern Pacific. The research program is now (1956) entering its sixth year.

One of the problems of first importance to the Inter-American Tropical Tuna Commission is to learn about the interactions between the stocks of

yellowfin and skipjack tuna and the intensity of fishing. It is desirable to obtain an appraisal of the condition of these stocks as soon as practicable, that is, to ascertain whether or not larger average catches may be obtained by increasing the intensity of fishing, without detriment to the continuing productivity of the resources, and whether, at present rates of fishing, these populations are in danger of being reduced to levels below those which will permit maximum sustainable yields. The Commission commenced, therefore, very early, analysis of the historical data of the fishery to determine how the stocks of Eastern Pacific yellowfin and skipjack tuna have responded to variations in levels of exploitation as the fishery has developed, and to evaluate the present status of these stocks with reference to the size of the population of each species which is capable of providing the largest catches year after year. Some of the results of this study are presented here.

THE RESOURCES

The tunas are highly specialized fishes of the open ocean and support fisheries of importance wherever they occur in abundance and can be readily caught and marketed. In the Eastern Pacific Ocean, five species of tunas are taken in varying amounts for commercial use. They are the albacore *(Thunnus germo),* bluefin tuna *(Thunnus saliens),* bigeye tuna *(Parathunnus sibi),* yellowfin tuna *(Neothunnus macropterus),* and oceanic skipjack *(Katsuwonus pelamis).* The albacore, bluefin, and bigeye tuna are usually found in more temperate waters than the yellowfin and skipjack, which occur in greatest abundance in the warmer waters of lower latitudes. At certain seasons of the year, however, the ranges of all five species may overlap to some extent.

The Eastern Pacific fishery for the tropical tunas is based primarily upon yellowfin and skipjack. Some quantities of other kinds of tunas and tuna-like fishes are also caught incidental to fishing for yellowfin and skipjack, but these amounts are insignificant relative to the total landings of the two main species.

Distribution and Natural History of the Yellowfin and Skipjack Tuna

The yellowfin tuna and oceanic skipjack are ubiquitous species which inhabit warm seas throughout the world. In the Pacific Ocean, these two species occur along the Asiatic and American continents in both hemispheres and may be continuously distributed across the ocean in equatorial waters. Along the west coast of the Americas, the yellowfin tuna is found from southern California to Peru, while the skipjack ranges from southern California to about central Chile.

Yellowfin tuna grow to larger sizes than the skipjack. They also generally command higher prices. The fishermen occasionally catch large

yellowfin weighing over 100 pounds but most of the individuals landed from the Eastern Pacific region weigh less than 50 pounds. The average size of skipjack which are taken commercially is much smaller, the catches being composed predominately of fish weighing from 4 to 10 pounds.

Both species apparently grow quite rapidly (Moore, 1951; Brock, 1954) and although efforts to assess the ages of these fish by means of scales and skeletal parts have not been successful, it tentatively appears from size-frequency distributions of fish samples from the commercial catch landed in Southern California ports, that the present fishery for both yellowfin and skipjack depends upon only two or three very young age classes, the entering age for yellowfin being probably one year, and for skipjack not over three years and probably less.

Tunas in general, including the tropical species, tend to aggregate by size at or near the surface, during their earlier years at least. This habit provides the basis for many tuna fisheries. The schools of yellowfin and skipjack encountered by the fishermen are usually composed of individuals of only one species, but at times may consist of an admixture of several kinds of tunas and tuna-like fishes of the same or similar sizes. In the Eastern Pacific Ocean, yellowfin tuna are found commonly, although not exclusively, along the coastal shelf and around outlying banks and islands. Skipjack, on the other hand, seem to lead a more oceanic existence, often being sighted far from land, and, according to fishermen, are also more erratic and unpredictable in their behavior than yellowfin.

An unusual aspect of the habits of yellowfin tuna is that the fish apparently migrate from surface waters to deeper parts of the ocean when they grow to large sizes. A sizable fishery for deep-living yellowfin tuna based on the use of specialized gear has been carried on for many years by Japanese fishermen in the Western Pacific Ocean (Nakamura, 1949) and on a smaller scale by Hawaiian fishermen in the Central Pacific region (June, 1950). The results of a recent survey (Wilson and Shimada, 1955) show rather definitely that very large yellowfin, as well as bigeye tuna, also occur at sub-surface levels in some areas of the equatorial Eastern Pacific region, but the abundance is generally much lower than to the westward. These large yellowfin are generally unavailable to conventional methods of surface fishing as now practiced by American West Coast fishermen.

Studies of the food and feeding habits of Pacific yellowfin and skipjack by Nakamura (1936), Welsh (1949), Reintjes and King (1953), and Juhl (1955) suggest that both species are omnivorous feeders. However, they seem to subsist mainly on fish, squids, and various marine crustaceans. It appears also that the yellowfin and skipjack are oriented in their distribution by the amounts of food present so that they generally tend to congregate in oceanic regions where biological productivity and standing crops of food organisms are high.

Schaefer and Marr (1948), in studying the reproduction of yellowfin and skipjack in the Eastern Pacific Ocean, concluded from their examination of gonads and collections of juvenile fish that both species spawn during the late winter and early spring months in high-seas areas off Central America. Additional evidence has since been gathered (Schaefer and Orange, 1956) which indicates that these tunas may spawn in other areas within their Eastern Pacific ranges and at other times of the year.

Population Relationships

The following analysis, treating the fishery for yellowfin and skipjack tuna as a whole, assumes that each species is a single biological unit in the Eastern Pacific Ocean. If further research reveals that this premise is incorrect, a re-examination of the effects of fishing by component groups will be necessary, if and when such are shown to exist. The present study, in any case, indicates the aggregate condition of *all* stocks.

The question of whether or not the populations of yellowfin and skipjack tuna of the American West Coast are separate and distinct from those of the same species found elsewhere in the Pacific Ocean has received the attention of several investigators in recent years, and some progress has been made toward elucidating the basic population relationships. In the absence of better methods, the approach has been primarily indirect, using statistical procedures to detect differences in body proportions of tunas from different areas, but the development lately of a successful tag for marking tunas (Wilson, 1953) offers a direct means of investigating the population problem.

Population inferences from morphometric studies

Morphometric, or biometric, analyses were employed by Godsil (1948), Godsil and Greenhood (1951), Royce (1953), and Schaefer (1952, 1955b), to compare Eastern Pacific populations of yellowfin tuna with those of other Pacific regions. The results of these independent analyses have all been consistent and are summarized by Schaefer in his latest contribution (p. 92) as follows: "This study offers further confirmation of the conclusion that the yellowfin tunas of the Pacific are separated into a number of independent or semi-independent populations. In particular, it appears that the members of this species inhabiting the region of the commercial fishery along the West Coast of the Americas compose a group distinctly different from populations further to the westward, although the possibility of some intermingling cannot be excluded at this time."

Research into the racial divisions of Pacific skipjack by similar methods has not been as intensive as for yellowfin tuna. Preliminary findings from a comparison of measurements of body proportions of skipjack taken from the Eastern Pacific Ocean with those of adjacent regions indicate the possible existence of different inter-regional population units of

skipjack, but it is not impossible that the fishery operates on a part of a large population which ranges beyond the Eastern Pacific region.

Population inferences from tagging

The California Department of Fish and Game has been engaged in rather extensive tuna-tagging. According to Roedel (1954), a total of 3135 yellowfin and 1333 skipjack were tagged and released by that organization in the region of the Eastern Pacific fishery in 1952 and 1953. By the end of 1953, 33 tagged yellowfin and 20 tagged skipjack were recaptured, but all recoveries were from areas within the scope of the Eastern Pacific fishery and none were returned from other regions where intensive and widespread fisheries for these species are also being prosecuted. On the basis of 3 recoveries reported by the Japanese (Ganssle and Clemens, 1953; Blunt, 1954) from 1335 albacore tagged off California from 1952 through 1953, using the same tags and techniques as for yellowfin and skipjack, it does not appear unreasonable to expect that a few recoveries of the latter species might also have been made had the yellowfin and skipjack migrated out of Eastern Pacific waters. In view of the lack of such recoveries to date, the tagging results seem to substantiate, at least for the present, the conclusions drawn from morphometric studies.

THE FISHERY

The Eastern Pacific fishery for yellowfin and skipjack tuna originated in California and grew in response to the needs of an American market, so it is not surprising that the fishery should be dominated by United States fishermen. Except for minor quantities landed by a few Latin American countries during and after World War II, the entire catch of yellowfin and skipjack tuna from the Eastern Pacific region is made each year by vessels of American registry operating mainly from California ports. Table 1 shows the magnitude of the yearly landings, by species, in California from the early days of the fishery to more recent years.

Most of the yellowfin and skipjack tuna are taken commercially in the Eastern Pacific Ocean either by baitboats, which practice pole and line fishing with live-bait, or by purse-seiners, which use large nets exclusively to make their catches. Some of these fish are also caught by trollers incidental to fishing for albacore in the northern areas of the fishery, but the amounts are negligibly small when compared with the total landings of the two major gear categories.

Table 2 gives the quantities of yellowfin and skipjack landed in California ports by baitboats and purse-seiners yearly from 1931 to 1954. These data, which for years prior to 1951, are based on statistical records of the California State Fisheries Laboratory, and for years after 1951, on Tuna Commission tabulations, are also presented graphically in Fig. 1. In Table 3 the landings by the two types of gear are shown as percentages of the

total annual landings, for each species separately and for both species combined. For the period for which information is available, the dominant part played by the baitboats in the production of tunas is apparent, with over three-fourths of the combined catch of yellowfin and skipjack each year having been taken by means of live-bait.

Fishing Methods

Live-bait fishing

The use of live bait by American fishermen to catch tunas dates back to the early days of the albacore fishery when handlines baited with live sardines were a popular means of fishing. The efficiency of this method was greatly improved in 1913, or thereabouts, when the technique of "chumming" was introduced (Pacific Fisherman, 1913). "Chumming" involves scattering live baitfishes on the surface of the water to attract and induce tunas to bite. In time, the handlines were replaced by bamboo poles and lines, and, before long, the use of artificial lures in conjunction with "chumming" became a widely accepted practice throughout the tropical tuna fishery.

A good account of live-bait fishing methods employed by California fishermen for catching yellowfin and skipjack tuna was written by Godsil in 1938. The techniques have changed little since then and may be described briefly as follows: After a supply of live bait has been obtained in inshore waters, the baitboat proceeds to the fishing grounds where the fishermen scout for schools of tuna, usually by visual means. When a school is located, the vessel intercepts the school and live bait is thrown overboard to attract the tuna to the proximity of the vessel. Meanwhile, the fishermen station themselves in fishing racks which hang over the stern of the boat, close to the water. The school of fish may ignore the "chum" and continue on or may respond to the bait by becoming wildly excited. Advantage is taken of the feeding reaction by the fishermen who cast their feather jigs or baited hooks among the frenzied fish. As the fish strike indiscriminately at the lures and are hooked, they are jerked out of the water and into the boat. Fishing in this manner, a baitboat may catch substantial amounts of tuna from one school.

The key to this method of fishing is live bait, and the fishermen accordingly spend a great deal of time and effort in catching bait and in keeping it alive aboardship. The amount of bait carried by a baitboat determines how long it is able to stay on the fishing grounds, because once the supply is exhausted, through use or from mortality due to confinement or other causes, the vessel must obtain additional bait before it can resume fishing. A large baitboat may carry as much as several thousand "scoops" of bait (a "scoop" is equivalent to about 8 pounds of fish, but varies with size and species of baitfish) at one time, but it is rather unusual when one load of bait will suffice for an entire trip. This need for frequent replenish-

ment of live-bait supplies has precluded to some extent distant offshore expansion of the fishery.

Several kinds of baitfishes are used by the fishermen. These are mostly small, schooling fishes of the herring and anchovy families which occur in varying abundance in the bays and estuaries along the Pacific coast from southern California to northern Peru and around the Galapagos Islands. The most important species is a tropical anchovy, the anchoveta *(Cetengraulis mysticetus),* which is widely distributed and lives well in captivity. In 1954, approximately 1,810,000 "scoops", or 47 percent of the total quantity of bait used by California tuna fishermen, was anchovetas (Schaefer, 1955a). Other bait species that are taken in large amounts from year to year are the Galapagos sardine *(Sardinops sagax),* Northern anchovy *(Engraulis mordax),* and California sardine *(Sardinops caerulea).*

The growth in size of the California baitboat fleet from 1932 to 1954 is depicted in Figure 2 (Table 4). The main features of interest respecting these data are the gradual trend, which began in the pre-war period and has continued to the present, towards larger and larger baitboats as the more distant fishing grounds were opened to exploitation; the effect of World War II in temporarily reducing the number of large baitboats; the rapid buildup of the fleet of large vessels immediately after the war; and the decrease since about 1951 due to losses being greater than replacements.

Purse-seining

Attempts were made as early as 1914 to catch tunas by means of large encircling nets (Pacific Fisherman, 1914), but all of these experiments ended in failure, and it was not until immediately after World War I, when many purse-seine fishermen from Alaska and the Pacific Northwest entered the California fisheries, that purse-seining was successfully adapted to the capture of yellowfin and skipjack tuna. By the time the industry began to send fishing fleets regularly to Mexican waters in the early 1920's, the nets and methods of handling them had been largely perfected, and, in subsequent years, the purse-seiners contributed important amounts to the catch off Lower California. Since then, although further improvements have been made in this mode of fishing, they have been relatively minor, and purse-seining for tunas is conducted today in essentially the same manner as it was over 30 years ago (Scofield, 1951).

The objective of tuna purse-seining is to lay a net around a school of yellowfin or skipjack so that the fish are completely enclosed within a wall of webbing. The bottom of the net is then closed, or "pursed", confining the fish inside the net. The area of the net is gradually reduced as the net is brought in, and the fish are then brailed out and stored in the holds. These procedures may seem rather simple, but in reality are complicated and require considerable skill and experience.

Because they do not require bait to catch their fish, the purse-seiners are able to spend a greater share of their time scouting and fishing than the baitboats. This advantage, however, is partially offset because purse-seining is affected to a greater degree than is live-bait fishing by conditions of weather and sea, and by the behavior of the fish.

The secondary importance of the purse-seiners in the tuna fishery is at least partly attributable to the fact that for many years purse-seining for tunas was carried on seasonally by vessels which were engaged primarily in fishing for sardines and other kinds of schooling fish. During their off-season, which coincided with the appearance of yellowfin and skipjack in nearby waters, these purse-seiners found it profitable to fish for tunas. The extent of this participation, however, was influenced by the success of fishing for the more primary species and accounts for the marked fluctuations in size of the tuna purse-seine fleet from year to year (Table 5). In the last decade, with the decline in abundance of the California sardine and mackerel resources, more purse-seiners have turned to fishing full-time for the tropical tunas, and with the recruitment to the fishery of new, long-range vessels, the purse-seine fishery has extended its activities on a year-around basis into equatorial regions, previously exploited only by the baitboats. Lately, also, some California purse-seiners have been based in Latin American ports and have been shipping their catches to the United States.

Fishing Areas

The fishery for yellowfin and skipjack tuna at the present time encompasses approximately one and one-quarter million square miles of sea surface and extends from southern California to northern Peru and offshore to a distance of several hundred miles. The geographical extent of the fishing grounds in 1954 is shown in Figure 3.

Within this extensive region, fishing varies from place to place with season, because the fishermen tend to concentrate in certain localities at times when experience has taught them to expect the best fishing. Areas which consistently produce good catches of tunas from year to year lie off Lower California, off the Gulf of Tehuantepec, off the coast of Central America, off Ecuador and Colombia, and the outlying Revilla Gigedo and Galapagos Islands (Fig. 3). The productivity of these particular regions is believed to be associated mainly with the enrichment of the upper layers of the ocean by physical processes that take place at certain times of the year which in turn promote the growth of food organisms attractive to tuna.

The fishing grounds off Lower California have been exploited the longest and are generally referred to as the "local" grounds. Many of the smaller tuna fishing vessels are limited by their size to fishing "locally", but they may venture at times as far south as the Gulf of Tehuantepec. The southern grounds off Central and South America, which have more recently

come under exploitation, are accessible to the larger vessels, and fishing is carried on in various parts of this region throughout the year.

Historical Development

The Eastern Pacific yellowfin and skipjack fishery is of comparatively recent origin. The course of its development is, therefore, rather well-documented, and it has been possible to reconstruct the following historical account from details found in trade journals, government publications, and other sources of information.

The outgrowth of the yellowfin and skipjack fishery from the California fishery for albacore tuna

The United States tuna industry had its beginnings in California in 1903 when albacore was canned successfully for the first time. The fishery for albacore expanded rapidly as consumer acceptance was found for this new product, and, by 1914, the annual landings of albacore had reached a level of over 18 million pounds. The production of albacore at this time came entirely from off the coast of California and fishing was seasonal, because this species was usually available to the fishermen only during the summer and fall months. This seasonal supply of albacore was found to be variable from year to year and, in 1916, a poor albacore catch resulted in the canning of small quantities of skipjack and yellowfin tuna which, previously, had been overlooked in favor of albacore.

During World War I, demand for canned tuna increased greatly. The California albacore fishery was unable to meet the entire needs of the industry and, alternatively, larger amounts of yellowfin and skipjack were processed. Statistical records (Pacific Fishermen Yearbook, 1949) indicate that in 1918 these species constituted 77 percent of the total pack of canned tuna produced by Southern California canners.

The opening of Lower California tuna resources to American exploitation

Yellowfin and skipjack tuna were taken in increasing quantities in years following the end of World War I as albacore production continued to be erratic and unpredictable. In order to augment local catches of the tropical species of tunas, which appeared off California only during the warm months, the industry began to look to the Lower California region, where previous explorations had revealed the presence of yellowfin and skipjack in seemingly great abundance. The move in this direction was also encouraged by the Mexican government which made tariff concessions on raw tuna, to attract American capital. Subsequently, starting in 1922, fleets of small fishing boats from California accompanied by large refrigerated motherships began to operate seasonally from Mexican anchorages. During the spring, fishing was conducted at Cape San Lucas, mainly for yellowfin tuna, and in the fall the expeditions were sent to Turtle Bay, located half-

way between San Diego and Cape San Lucas (Fig. 4). The catches made by these small craft were delivered to the freezer ships and thence transported to Southern California canneries by tender ships. These new operations proved so productive that by the end of 1923 the Lower California landings of yellowfin and skipjack exceeded the amounts landed from United States waters (Table 1).

Evolution of the modern high-seas tuna fishing fleet and expansion of the fishery into equatorial regions of the Eastern Pacific Ocean

Beginning in 1926, further stimulus was given to the Lower California fishery by the inexplicable disappearance of the annual runs of albacore off the west coast of the United States. However, the vacillating policy of the Mexican government with respect to customs duties on shipments of American-caught tuna to California discouraged an expansion of tender fleet operations, and the interest of the industry shifted to the use of newly introduced vessels of large size which were capable of operating independently and profitably on the high seas beyond the territorial waters of Mexico. With the inception of this new offshore tuna fishery, and a rapid increase in size of the California high-seas fleet, the annual landings of yellowfin and skipjack increased substantially. In 1929, over 64 million pounds were landed in California as compared to 33 million pounds in 1926, when the catch was provided almost entirely by the Mexican-based fishery. As the character of the fishery changed also, Mexican inshore operations declined in importance and, by 1930, the tender fleets had ceased to be active.

Another important factor contributing to the sharp rise in production during these years was the discovery of new fishing banks along the coast of Lower California and offshore to the south. By 1928, such outlying localities as Alijos Rocks and the Revilla Gigedo Islands were being fished by American vessels, and some clippers were crossing the Gulf of California to operate around the Tres Marias Islands and south along the Mexican mainland (Fig. 4).

Once underway, the expansion of the high-seas tuna fishery into tropical areas of the Eastern Pacific Ocean took place swiftly, for, as the fishermen ventured further and further southward into warmer waters, they discovered that fishing for yellowfin and skipjack could be carried on throughout the year. This was of great advantage not only to the fishermen but to the canners as well, for with the assurance of a steady supply of fish they could now operate full-time instead of seasonally as in the past. By 1930, prospecting for tunas had extended south to Clipperton and Cocos Islands off Central America, to the Galapagos Islands off northern South America, and along the mainland to Guatemala, El Salvador, and Panama.

The new scope of operations of the fleet also brought about a number of problems, chief among which were the difficulties of preserving the

catches of tunas in good condition in warm climates, and of keeping bait obtained at California and Lower California baiting grounds alive in waters of higher temperature which were encountered in lower latitudes. Moreover, the necessity of having to travel long distances to the southern areas, and locating remote islands and fishing banks presented problems of navigation and communication. However, with improvements in methods of refrigeration and in vessel equipment, and with the solution of the bait problem by the finding of large populations of suitable kinds of baitfish at various localities along the coast of Central America and in the Galapagos Islands, the tropical tuna fishery surmounted its major obstacles and new and larger boats were steadily recruited to the fishery. By 1934, the region south to Panama and offshore to the Galapagos Islands was being intensively exploited by the long-range component of the California tuna fishing fleet and a few years later, in 1936, a freezing and cold storage plant was established by American interests at Puntarenas, Costa Rica, to enable some of these California-based vessels to spend more time fishing and less time traveling between the fishing grounds and home port, by permitting them to ship their catches by commercial steamer from Costa Rica to the United States. These shipments are included in the California landings in Table 1. The impetus provided by these events led to a gradual increase in landings of tropical tunas, mainly yellowfin, and by 1940, the total catch had reached over 170 million pounds, almost all of which was caught off Latin America.

World War II and the post-war period

The entry of the United States into World War II in 1941 had severe repercussions on the operations of the fishery. Many of the larger vessels were taken by the Navy and restrictions were placed upon the activities of the remaining fleet. The total catch of yellowfin and skipjack decreased, as a result, to a low of 80 million pounds in 1943, less than half the amount landed in 1940, the last normal year before hostilities.

With the end of the war, the California fleet increased quickly in size as former units returned from military service and were joined by new vessels and a number of converted navy craft. Fishing in equatorial waters was resumed as territorial restrictions were lifted, and, by 1948, the long-range clippers had extended their activities south along the coast of Colombia and Ecuador to waters off the Gulf of Guayaquil. This intensification in fishing effort and expansion in the southern limits of the fishery brought about a tremendous surge in tuna production which was climaxed in 1950 by a record catch of 307 million pounds of yellowfin and skipjack by the United States fleet.

Conditions changed shortly thereafter. Although the fishery continued to operate at a fairly high level of activity, the total annual catch began to decline after 1950. Even the sizable contributions in production from new

fishing grounds off northern Peru did not offset the trend of lower landings, which to some extent mirrored the growing economic difficulties of the industry resulting mainly from increased competition from foreign imports. By 1953, production had fallen off to about 254 million pounds of yellowfin and skipjack, and the size of the California fleet had declined also as losses due to attrition had not been replaced by new construction.

Changes in Yield of the Older Fishing Grounds

It is of interest to determine whether or not the expansion of the yellowfin and skipjack fishery to the southern regions, as described in the foregoing pages, was motivated solely by decreasing yields from the older grounds, or whether the expansion was necessary to fill the growing needs of the canners. The only historical data extant for examining this question are the estimates of yield by geographical sub-areas of the Eastern Pacific region which have been compiled by the California State Fisheries Laboratory. Tabulations showing the areas of capture of all tuna landings from 1931 to 1954 were made available by the State organization for this study.

Under the "pink-ticket" system begun in California in 1919 (California Bureau of Marine Fisheries, 1952), all landings of fish in the State are assigned to areas of origin. This origin system, as applied to the tropical tunas, is a telescoping system of areas whereby it is possible to record a landing of tuna from a specific ocean area or from a more general region, depending upon the exactness of the information received as to the place or places of capture. This system apparently was employed because the precision with which origin data could be obtained varied from vessel to vessel. The boundaries of the areas and the coding systems were changed at various times in the past but have remained essentially the same from 1938 through 1954. The areas of origin under the California system are shown in Figure 14 (p.35) of the cited publication. Although this system is not perfectly adapted to providing precise information on the quantities of yellowfin and skipjack landed by specific areas, because the catches are often reported by general regions, it was possible to recombine the origin data of the California system according to the following scheme, using arbitrary sub-areas:

A. North of the California-Mexico border.

B. California-Mexico boundary to 22° N. latitude (Area 920 and all subdivisions thereof).

C. 22° N. latitude to 16° N. latitude (Area 938 and all subdivisions thereof).

D. Somewhere north of 16° N. latitude, more exact location not given (Area 930).

E. The sum of items A, B, C, and D. This is the total of all landings reported from north of 16° N. latitude.

F. 16° N. latitude to 7°30′ N. latitude (Area 948 and all subdivisions thereof).

G. North of 7°30′ N. latitude, more exact location not given (Area 940).

H. Sum of E, F, and G. This is the total of all landings reported north of 7°30′ N. latitude.

I. South of 7°30′ N. latitude, except Galapagos Islands.

J. Galapagos Islands.

K. Area of capture not given (Area 950 and other designations for unknown origins of the Eastern Pacific Ocean).

The retabulated data are given in Tables 6, 7, and 8 which include, respectively, the landings of yellowfin tuna alone, of skipjack tuna, and of the two species combined. In the last column of each of these tables are shown the percentages of the total landings which were not reported by area. It will be seen that in 1931, 1932, and 1933 practically none was reported, all of the landings in these years being recorded from "south of the California-Mexico border". The years 1934 and 1935 showed a small improvement in this respect. Thereafter, a variable share of the catch was reported by areas of origin, but not until 1950 was the reporting sufficiently detailed that it can be regarded as complete for practical purposes.

From the historical account of the growth of the fishery, it has already been seen that the fishery for yellowfin and skipjack tuna covered rather completely the region south to the Gulf of Tehuantepec by 1930 and 1931. The area south to the Gulf of Tehuantepec (latitude 16° N.) can then be considered as the general region of the "older" fishery. It is instructive to see what conclusions can be drawn from the data with respect to changes from that region.

In order to present the pertinent data in graphical as well as tabular form, the total landings, and the landings reported from north of 16° N. and from south of 16° N., for each species in each year are shown in Figure 5. The landings reported from north of 16° N. correspond to column E of Tables 6, 7, and 8. The landings from south of 16° N. correspond to the sum of columns F, G, I, and J, i.e. all reported landings not reported as being north of 16° N. It should be noted that the items in column C (landings north of 7°30′ N., exact location not reported) are assumed to have been south of 16° N., which may be somewhat in error but not enough to be of consequence.

It may be seen from these data that in the years 1950 through 1954, when the origins of almost the entire catch were known, the average landings of yellowfin tuna from the region north of Tehuantepec was 54,602,000 pounds. This average is larger than the total combined catch, less that amount reported from south of 16° N., in 1934. Hence, it is certain that the

catch of yellowfin from the region north of Tehuantepec must have been greater in 1950-1954 than in the first four years of the series.

Similarly, in the years 1950-1954, the landings of skipjack from north of 16° N. averaged 40,388,000 pounds which is larger than the entire skipjack catch of the fishery in any year from 1931 through 1946, with the exceptions of 1937 and 1940. It is, thus, apparent that the annual average catch from north of Tehuantepec in 1950-1954 was greater than the annual catch of the years 1931 through 1946, with the two exceptions noted.

From these data it appears that the level of yield of skipjack tuna from the region north of Tehuantepec in recent years is, in general, as large or larger than it has been in the past. For yellowfin tuna, the level of yield from this "older" fishing region in recent years is, on the average, larger than it was in the period 1931 through 1934.

It would be desirable to know more about the trends of the yields of yellowfin tuna, particularly during the period 1935 through 1949, and also it would be interesting to compare the yields of a more restricted part of the "older" fishing grounds. For these purposes, the records of landings from the region south to about Cape San Lucas, including the Gulf of California (column A plus column B of Tables 6 and 7), and from the whole region north of Tehuantepec (column E of Tables 6 and 7) may be employed. If it is then assumed that in each year, for each species, the catches which were not reported (column K) were distributed in the same manner as the catches which were reported by origin, it is then possible to estimate the yields of each species for these regions. This assumption, however, is to an important degree incorrect, because it is known from other sources that the vessels which were developing the new grounds to the southward during the period under study have been more secretive about their fishing locations than the vessels operating in the older, better-known fishing areas. The error is also reflected in the statistical data of Tables 6 and 7 in which it may be observed that in the years between 1936 and 1942 the percentage of yellowfin landings not reported by area is markedly higher than that for skipjack, which follows from the fact that skipjack were caught in relatively greater numbers in the older fishing areas from which reporting was more complete. The effect of this error, from the assumption on which the calculations have been based, is to elevate the estimated landings from the older, more northerly, fishing areas. The estimates will, therefore, be generally higher than the true values in years when the entire catch was not reported by areas, and this effect will be greater on the yellowfin data than the skipjack data.

In Table 9 are the estimated landings, by species, from the region north of 22°N. and from the region north of 16°N. The "factor" given in the table for each species is the value by which the corresponding landings reported by area of capture (Tables 6 and 7) were multiplied to correct for the share of the catch unreported by origin. In each case, the factor is the ratio of

the total landings to the landings reported by areas of origin. Figure 6 shows the landings of yellowfin and skipjack tuna estimated in this manner for each of the two regions, together with the total landings from all regions of the fishery.

It would appear from the lower panel of Figure 6 that the skipjack catch from north of 16° N. constituted most of the total catch of that species through 1947, and that most of it came from the oldest fishing area, north of 22° N. The landings over the years from this area exhibit a slight upward trend. The share of the catch from areas south of 16° N. is underestimated to some degree, of course, as explained above, in some years prior to 1950, so this trend may be actually somewhat greater than shown in this graph. Since 1947, there has been a very great increase in skipjack landings from the southern regions, below the Gulf of Tehuantepec, but this has not been accompanied by any decrease in total yield from the older fishing areas.

Yellowfin landings estimated by region in the manner described are graphed in the upper panel of Figure 6. Landings from the region north of Cape San Lucas (22°N.) appear to have risen slowly from 1934 to about 1940, then declined somewhat until 1943 when there followed a rapid increase until 1947, followed by a precipitate drop to a present level approximately equal to that of the 1930's. In the larger region south to the Gulf of Tehuantepec, there appears to have been a rather rapid increase in landings until 1940, then a decrease until 1943 when there began a rapid increase until 1948, followed by a decline to present levels. This picture, however, is believed to be erroneous in some respects due to the bias, above noted, resulting from the error in the assumption made in calculating the data. From Figure 6, it would appear that between 1934 and 1940 the increase in total yellowfin landings was due to an increase in landings from the older grounds north of Tehuantepec, the landings from the new area south of Tehuantepec showing no increase at all. As previously noted, however, this was a period of expansion of the long-range fishery south of Tehuantepec, based almost entirely on yellowfin tuna. It is quite obvious, therefore, that a good part of the increase in landings between 1934 and 1940 should be credited to the newer fishing grounds and not, as appears on this graph, to the older region north of Tehuantepec. It is not unreasonable to suppose that from 1936 to 1942 the actual catches for the region north of Tehuantepec showed little change, probably fluctuating around an average catch of about 40 million pounds. The drop in landings in 1941 and 1942, most severe in areas south of Tehuantepec, is essentially a true picture, reflecting the removal of the larger, long-range vessels by the war. During the later war years, the fleet was again increased by the addition of a considerable number of vessels, mostly of small size, and fishing was concentrated on the "local" grounds because of the limited range of the boats and because of operational restrictions. In consequence, the landings

of yellowfin from the fishing area north of Cape San Lucas and the larger region south to Tehuantepec increased rapidly after 1943 and continued through 1947. With the termination of the war, the yellowfin fishery gradually turned once more to the southern region and with this shift the catches from the older areas dropped sharply to present levels. It may be that some of the yellowfin landings credited to the region north of Tehuantepec in the period 1944-1948 were actually from more southerly regions, but it is true that the long-range fishery was much curtailed during this period so the picture appears to be essentially correct.

In summary, it appears that the present level of yield of yellowfin tuna from the older fishing grounds north of the Gulf of Tehuantepec is at a level approximately that of pre-war years, but that it is lower than the levels which were obtained during the latter years of the war. Whether the decline from the high levels of yield during the last years of the war is entirely due to post-war changes in fishing effort in this region, or is also partly due to other factors, cannot be stated at this time. Respecting skipjack, the 1950-1954 yield from the older grounds north of Tehuantepec is as large as the average level of yield at any time in that area. Therefore, it may be concluded that the expansion of the fishery from the older fishing grounds to the southward during and since the early 1930's was not motivated by a decrease in yield, but mainly by economic demands for an additional volume of fish that could not be satisfied by the nearby grounds, and was assisted by technological developments which made it practicable for vessels of large size to fish profitably at long distances from home port.

THE PROBLEM

Theoretical Considerations

The problem of determining the effects of fishing upon the stocks of Eastern Pacific yellowfin and skipjack involves, basically, a study of the interactions between the amount of fishing and the fish population. It may be instructive to review some of the theoretical aspects of the manner in which man's efforts through fishing may impinge upon a fishery resource, as developed by the classical work of Baranov (1918) and the important contributions of Russell (1931), Thompson (1937), Graham (1935, 1939), Schaefer (1954), and others.

A population of fish in the sea, in common with all aggregations of living things, has the property of being able to renew itself and increase in size through reproduction and growth. However, population density effects upon natural mortality and recruitment tend to limit the ultimate numbers in a population, and the rate of growth of the individuals is also affected by the population density. Thus the rate at which a population grows in weight depends upon the quantitative relationship between birth (or recruitment) and growth on one hand and mortality on the other. When the factors of increase exceed the factors of decrease, the population will en-

large, and conversely, if the removals are greater than the increments, the population will decline in size. Under natural conditions, however, populations seldom become extinct nor do they grow indefinitely. Usually the additions tend to equal the removals so that the population remains in balance at some average level of population size which is determined primarily by the environment. If at any time an additional stress is imposed upon the population, such as by removal of part of the population by man, the population will adjust for this new mortality factor by stabilizing at a new level. This innate ability of a fish population to compensate for increased mortality as a result of exploitation by man is said to be the "biological basis of a sustained fishery" (Nicholson, 1933; Ricker, 1954; Schaefer, 1956).

It is possible to describe in simple terms the dynamic forces which are operative on a fishery resource by employing Russell's (1931) early formulation.

Considering that a population of fish is a discrete biological unit, that only those fish of commercial size are concerned, and that the weight of the population and the harvest are of primary interest, if

P_1=the weight of the fish of catchable sizes at the beginning of a unit interval of time, usually taken as a year,

P_2=the weight of the catchable stock at the end of a year,

and the population is unexploited, then

$$P_2=P_1+A+G-M \qquad (1)$$

where

A=the increase in weight of the catchable stock by additions of new individuals during the year

G=the increase in weight of the catchable stock by growth during the year

M=the decrease in weight of the stock due to natural mortality during the year.

Under these conditions, the direction of population change depends upon whether or not the losses in weight from natural mortality are greater or are less than the gains from recruitment and growth. If the losses exactly balance the gains, the net change is zero; and the same population size is maintained. The sum of the three terms, A+G—M, is, therefore, equivalent to the annual natural rate of increase, or productivity, of the population, which in an unexploited population is zero, on the average.

According to Thompson (1937, p.19), " . . . under natural conditions, without a fishery, the accumulated stock is known to reach a maximum and cease increasing." That is, $P_2=P_1$; A+G—M=O, so that a fish population in its virgin state is, on the average, stabilized at the highest level

permitted by the environment, and the natural rate of increase is zero. The population will, of course, fluctuate about this level, due to the effects of variable environmental factors. The imposition of a fishery on this population has the effect of adding to the rate of mortality from natural causes a further rate of removal due to the fishery. That part of the population which is taken by fishing is, of course, the catch. Introducing this new component into equation (1),

$$P_2 = P_1 + A + G - M - C \qquad (2)$$

or

$$P_2 - P_1 = A + G - M - C \qquad (3)$$

where

C=the weight of the catchable stock removed by the fishery during the year.

Since the population in the absence of fishing is supposedly already at its maximum size and the natural rate of increase is zero, the loss in weight equal to the catch must come from the accumulated stock. *A reduction in size of the virgin population is, therefore, an immediate and inevitable effect of a fishery.*

From equation (3), obviously the population will remain in a steady equilibrium state when the annual catch (C) equals the annual natural rate of increase (A+G—M). This equilibrium may be established at any level of population size between the maximum when there is no fishery and the minimum size bordering on extinction. The catch which corresponds to the natural rate of increase has been appropriately termed "stabilized catch", "equilibrium catch", or "equilibrium yield".

The relationships between amount of fishing, the size of the fish population, and the yield, at equilibrium, may be seen graphically in Figure 7. The size of the population drops immediately as fishing begins. As the rate of fishing increases, the average equilibrium catch rises, although not proportionally to the amount of fishing effort. If the average total catch at any level of fishing intensity is larger than the corresponding rate of natural increase, the population will further decline in size. Should the growth of the population take the form of a sigmoid curve, as is believed to be true for most species of fish, as the intensity of fishing keeps increasing, the population will eventually reach a point at some intermediate level of fishing effort where the rate of natural increase and the equilibrium catch are maximal. This unique population level, and the rate of fishing intensity corresponding thereto, are the theoretical optima which many fishery investigations seek to determine and maintain.

Although the concept of the maximum sustained yield has taken strong hold among fishery researchers and administrators in recent times, especially among those of the New World, others have not fully subscribed

to this principle as being the ultimate objective of fisheries conservation. Indeed, as brought out by Graham (1956), even in Europe where much of the pioneering work in fisheries biology was done, no choice has yet been made as to the primary aims of conservation; whether these should center on the catch per unit of effort, on the average size of fish, or on the maximum yield. Somewhat apart from these considerations but, nevertheless, of pertinent interest also are the comments of Gordon (1953, 1954) to the effect that, while fishery researchers and administrators generally strive to maximize the *biological* yield of a fish population, the maximum *economic* yield may be a more desirable endpoint. The maximum economic yield, however, must always lie at a lower level of fishing effort, and lower total catch, than the maximum biological yield.

In the case of the tunas of the Eastern Pacific, the Convention establishing the Inter-American Tropical Tuna Commission specifies that one of the functions and duties of the Commission is to "Recommend from time to time, on the basis of scientific investigations, proposals for joint action by the High Contracting Parties designed to keep the populations of fishes covered by this Convention at those levels of abundance which will permit the maximum sustained catch".

Again respecting Figure 7, a further increase in fishing beyond the level corresponding to maximum equilibrium catch will result in decreased average sustainable yield, and a further reduction in size of the population. A population is usually regarded as being "overfished" when this level of fishing effort has been surpassed. Any fishing intensity which is less than that corresponding to the maximum equilibrium catch may be said to "underfish" a population.

The question of "overfishing" is a highly controversial one. Yet, the changes observed in such extensively exploited and well-studied fish populations as the Pacific halibut (Thompson and Bell, 1934), the North Sea plaice, haddock, and other demersal species (Russell, 1942), and the New England haddock (Schuck, 1949) in response to variations in fishing intensity offer seemingly ample evidence that for some species of fish, at least, the rate of exploitation by man may become so intense as to be able to exert a real effect upon the numbers of commercial sizes of fish in the sea, and can even become so intense as to drive the population below the level of maximum equilibrium catch. Some investigators, however, notably Burkenroad (1948) and Huntsman (1953), have contended that the changes in abundance of these populations which have been ascribed to changes in fishing intensity may have resulted instead from long-term natural fluctuations in population numbers.

Approach to the Problem

If the theoretical concepts of exploitation are at all realistic, as indeed they seem to be, the effects of fishing may be deduced by examining the re-

lationships among fishing intensity, population size, and yield. This approach corresponds to Schaefer's "level 1 investigation" (1956, Fig. 1, p.18) and assumes that, if the variations induced by the fishery upon the average size of the catchable population are large relative to variations caused by fishery-independent factors, there should be a measurable relationship among changes in population size, yield, and intensity of fishing. Consequently, all that is required for this type of analysis are measures of total catch, abundance, and fishing intensity, which are often derivable from the statistical records of a fishery.

MEASURES OF YIELD, ABUNDANCE, AND INTENSITY

Yield

In order to determine, for the series of past years, the total amount of yellowfin and skipjack tuna taken by all vessels and all types of gear from the whole region of the Eastern Pacific fishery, it was necessary to draw upon a number of sources. These included statistical publications and records of the California State Fisheries Laboratory, import tabulations of the U. S. Census Bureau, various reports and publications of the U. S. Fish and Wildlife Service and other agencies of the United States and foreign governments, and records of certain tuna canners and trade organizations. The resulting statistics of total yield (Table 10) are believed to be correct and complete with minor exceptions.

Figure 8 shows the total yield of tropical tunas, by species, taken yearly from the Eastern Pacific Ocean from 1918 through 1954. The trend followed by the combined catch during this period parallels closely the pattern of landings of the United States fleet (Table 1) because the amounts taken by nationals of other countries were small in relation to the quantities caught by American fishermen. These data also show the consistent dominance of yellowfin tuna over skipjack, with an increase in recent years in relative amounts of skipjack.

Abundance

Population magnitude is most often estimated by the catch per unit of effort. Although changes in the catch per unit of effort do not necessarily reflect corresponding changes in population size because of the variable effects of such factors as availability, changes in gear efficiency, etc. (Ricker, 1940; Marr, 1951), it is possible under certain conditions to interpret the catch per unit of effort in terms of the apparent abundance of the tunas. Those conditions assumed for the catch per day's absence and the catch per day's fishing employed in this analysis are:

(1) The fishing mortality per unit of fishing effort has remained constant, on the average, at all levels of fishing intensity.

(2) The effects of changes in availability have been uncorrelated with changes in abundance of tunas, and, hence, may be treated as a random variable.

(3) The amount of effort spent in catching one tuna species has not been materially affected by the abundance of the other.

A fourth condition which applies only to the catch per day's absence is:

(4) The variations in abundance of bait and in time spent in activities other than baiting or fishing has, on the average, had no effect on fishing for tunas so that the same share of total time absent from port has been devoted to tuna fishing each year.

Condition (1) is hard to measure but is probably valid. Respecting (2), availability needs to be considered because the apparent abundance is the product of true abundance and this factor. When variations in availability are large, the problem of relating changes in abundance to changes in fishing intensity against this background becomes increasingly difficult.

Condition (3) deals with the difficulty of crediting fishing effort properly to yellowfin and skipjack because the fishery operates simultaneously on both species. Much the same sort of problem is encountered in the trawl fisheries where the gear catches a variety of fish incidental to fishing for one or two prime species. A procedure frequently used in boat-catch studies of such fisheries is to assign fishing effort for any one trip to the species of fish which predominates in the catch for that trip. Dickie and McCracken (1955) employed this method for distinguishing between Nova Scotia haddock and flounder trips. Ketchen (1953) earlier followed the same scheme when he used only trips the total catch of which consisted of 50 percent or more of lemon sole in determining the catch per unit of effort of the British Columbia fishery for this species. The main objections to this manner of arbitrarily assigning effort to one species or another based on the composition of the total catch are: (1) a measure of abundance is not obtained at low population densities, and (2) at intermediate levels of population size, the estimates of relative density for one species will be biased by changes in the relative abundance of other species.

Condition (3) will be discussed further in a later section (p. 375) as will be the extent to which condition (4) holds true (p. 380).

Catch per day's absence

Sources and treatment of data

At the outset of the present study, records of the dates of arrival and departure of individual baitboats and purse-seiners and the catches of yellowfin and skipjack for corresponding trips originating and ending in San Pedro and San Diego were obtained from certain canners and vessel-owner associations. These boat-catch data were found to be quite extensive for the baitboats, covering the operations of almost the entire fleet for years extending back to 1934, but being less adequate for the purse-seiners. It was, therefore, decided to base the estimates of abundance on only baitboat information.

From these arrival and departure data and delivered weights of fish, the total number of days spent at sea each year and the catches of yellowfin and skipjack resulting therefrom were determined for each baitboat which regularly fished for tuna, using all trips except the following:

(1) Trips which landed catches consisting of more than one-third by weight of species other than yellowfin and skipjack.

(2) Trips which did not originate and end in California ports.

(3) Trips which were not completed or which were interrupted because of vessel breakdowns or other reasons.

Trips which overlapped between years were assigned to a year by the date of arrival in port. All zero-catch trips were included when these could be determined.

The data were then grouped by vessel size. Six categories of baitboats were established with arbitrary limits for each size class based on capacity tonnage. The size classes are:

Size class 1—Fish capacity up to 50 tons

2—Fish capacity from 51 to 100 tons

3—Fish capacity from 101 to 200 tons

4—Fish capacity from 201 to 300 tons

5—Fish capacity from 301 to 400 tons

6—Fish capacity over 400 tons

Capacity tonnage was used in assigning vessels to each of the above categories as a matter of convenience, because it is the standard used to measure vessel size in the industry. True capacity was employed when known. Where this information was not available, as in the case of some of the older craft which had gone out of the fishery years ago, the capacity tonnage was estimated from past catch records by taking the *average* of the largest amounts of fish landed for several trips as a measure of a vessel's fish carrying capacity. The largest total catch for any one trip was not used because capacity varies somewhat with size of fish. This method, however, was not entirely satisfactory because it tended to underestimate the capacity of those vessels which had consistently fared so poorly as never to have caught a full load, or which had made only a few trips. Therefore, to find an alternative means of estimating capacities, and to verify those estimated from catch records, a statistical study was made of the relationship between capacity tonnage and other indices of vessel size such as gross and net tonnage which are known for all vessels. It was reasoned that the capacity of a vessel should be related to both its gross and net tonnage since all three are functions of size, and that if these relationships could be described statistically for boats of known capacity, it would then be possible to estimate within certain limits of error from either the gross or net tonnage, whichever

was the better, the capacities of vessels for which this information was lacking.

For this analysis, only those baitboats were included which were active in the fishery in 1951 and for which capacity information was available. The gross and net tonnages of each of these vessels were obtained from the 1951 issue of an annual publication of the U. S. Treasury Department entitled, "Merchant Vessels of the United States", wherein are listed the details of construction of all documented vessels. Vessel enrollment records of the U. S. Bureau of Customs at San Pedro and San Diego were also consulted for additional details.

The baitboats were segregated into two groups, those built before January 1, 1942 and those built after this date, in order to examine the possibility that technological improvements over the years may have brought about basic changes in vessel characteristics affecting the capacity tonnage. For each group of baitboats, the known capacity of each vessel was plotted against its gross tonnage and against its net tonnage. Linear regression lines were then fitted to each set of data using techniques described by Snedecor (1946). Regression analyses were made of capacity on gross tonnage and capacity on net tonnage for baitboats built before 1942, baitboats built after 1942, and for the pooled data. The statistics of the various computations are presented in Table 11, and the regressions are shown in Figures 9 and 10.

Covariance analysis (Table 12) revealed no significant differences for regressions of capacity on net and gross tonnages for boats built prior to 1942 and those built after 1942, indicating that the same relative form had been maintained over the years and size ranges of baitboats encountered. The standard errors of estimate, however, were larger for all categories for the regression of capacity on net tonnage than for gross tonnage and, as might be expected from this, the variation of regression coefficients was also a little lower for gross tonnage. It was, therefore, concluded that capacity (Y) may be best estimated from gross tonnage (X) using the equation for the regression line fitted to all boats:

$$Y = -.89 + .75X \qquad (4)$$

The standard error of estimate (27.59 tons) of the regression equation is fairly large, but the formula was found to be a useful means of obtaining estimates which could be checked against those determined from landing statistics.

After the capacities were established for all baitboats for which trip data were available, they were grouped by size classes. Computations were then made of the average catch of yellowfin and skipjack per day's absence from home port, for each size class, for each year, by dividing the total catch of each species by the total number of days spent at sea during the

year in making that catch. The catch per day's absence values by species, size class, and year are listed in Table 13.

Success of fishing

The catch per day's absence, including as it does the variable effects of weather and other factors, reflects simply the overall success of fishermen in catching yellowfin and skipjack. For baitboats, the catch per day's absence may be affected not only by the abundance and availability of tunas but also of the baitfishes which must be caught prior to fishing for tunas.

The variations in success of baitfishing for yellowfin tuna from 1934 to 1954 are illustrated in Figure 11. For the early years of the series, extending to about 1944, the same general picture obtains for almost all baitboats, with generally decreasing success of fishing in the pre-war period followed by improvement after the beginning of the war. In subsequent years, however, certain striking differences appear between the results of class 1 and 2 baitboats taken together and the remainder of the fleet, which are probably due to the nature of the fishery during and immediately after the wartime years. During the period of World War II, as previously brought out, fishing was, to a large degree, concentrated in "local" areas. It appears that the density of fish in these waters was greatly reduced, as a consequence of the increased production from this region (Fig. 6) from 1945 to 1948, which is reflected in the marked decline of catch per day's absence by the two smallest size categories which operate in this region only. From about 1947, when full-scale fishing was resumed in southern waters, and the larger baitboats turned to those more distant grounds, pressure was relieved locally and the class 1 and 2 baitboats found increasingly better average fishing for yellowfin tuna from 1947 to 1952 and 1953. Following the wartime respite from fishing in the distant areas, the larger categories of baitboats encountered yellowfin in high abundance. With the increasingly intense fishery, from about 1945, and increased landings, the success of fishing for these larger vessels declined steadily to 1953, showing a slight increase in 1954.

Fishing for skipjack (Fig. 12) has fluctuated erratically from year to year, the variability of the catch per day's absence appearing to be greater for class 5 and 6 vessels, because their data are based on only a few trips, and because, in the early years, these vessels were taking skipjack only incidentally, as will be shown below. Although no definite trends are discernible, it appears that in recent years the catch per day's absence of skipjack has increased, on the average, for the larger sizes of baitboats.

Catch per day's absence as a measure of abundance

The catch per day's absence of yellowfin and skipjack is based on an equal allocation of fishing effort to both species. However, it appears that the baitboats are always fishing for yellowfin, because yellowfin bring

higher average prices, are more readily accessible, and are more easily fished than skipjack. The question, therefore, arises as to whether or not the fishermen sometimes pass up the opportunity to catch skipjack in order to fish for yellowfin. This was examined by plotting for each size class from 1934 to 1953 the catch per day's absence of skipjack against the catch per day's absence of yellowfin for the corresponding year. The correlation graphs are shown in Figure 13.

For classes 1, 2, and 3, there is no evidence that fishing for one species has been influenced by the abundance of the other. For class 4, however, fishing was mainly for yellowfin from 1934 to 1941, with a rather sudden increase in the catch per day's absence of skipjack thereafter. Therefore, it appears for this particular size class that fishing for skipjack before 1942 may have been affected somewhat by the abundance of yellowfin. It is fairly obvious, also, for classes 5 and 6 that from about 1948, as the abundance of yellowfin dropped to a level corresponding to a catch per day's absence of about 6500-7000 pounds, fishing became relatively more intense on skipjack. The fishermen apparently started to fish for skipjack, which were formerly passed up, as yellowfin tuna became scarcer. However, it is believed that this did not reduce the effective effort on yellowfin because it is known, from a review of the logbook data and information on fishing practices, that the time actually spent in catching the fish is but a small fraction of the total time at sea, the greater share of which is devoted to scouting.

It was concluded from these results that the catch per day's absence of yellowfin for all six vessel size classes could be regarded as measures of abundance for this species, but that the catch per day's absence of only size classes 1 through 3 for years prior to 1942 and of only classes 1 through 4 for 1942 and years thereafter could be similarly employed for skipjack.

Standardization of the catch per day's absence

Rather than follow the variations in tuna abundance reflected by the catch per day's absence of individual size classes, it is useful to compute a combined index which will measure changes in abundance in standard effort units which will be comparable from year to year. The method of standardization may discount both the differences in catching ability of vessels of different size which would occur under equal conditions of abundance, and those arising from the ability of the larger baitboats to fish in areas with higher concentrations of tunas. The differences in fishing ability which are size-connected under equal conditions of abundance may be discounted by means of efficiency factors. These can be estimated by comparing the performance of vessels of the various size classes when fishing in the same area at the same time (Gulland, 1955). However, the records available did not permit the determination of such factors with respect to catch per day's absence, so, alternatively, a set of "adjustment" factors were calculated to standardize the catch per day's absence of individual size categor-

ies. These adjustment factors, which correct for both sources of variation, were obtained for each size class by taking the geometric mean of the values of the catch per day's absence for each size class and species as a ratio to the geometric mean of the catch per day's absence values of a standard size class for the same species, both averaged over the same series of years (Table 14). Data were employed for only those years where the catch per day's absence was based on at least 10 trips for each size class from classes 1-5, and 5 trips for class 6, in order to remove some of the large variations resulting from the use of data based on only a very few trips (Table 13). For yellowfin tuna, the adjustment factors were computed relative to a class 4 baitboat, which is most representative of the vessels in the present fleet. For skipjack, a set of adjustment factors was computed for the years 1934 through 1941 using the catch per day's absence of the three smallest size classes, and a separate set of factors was arrived at for the period 1942-1953 by including for these years the catch per day's absence of class 4 vessels in addition to the data of classes 1-3. All factors for skipjack were adjusted to class 3.

The catch per standard day's absence was then obtained, for each year, for each species (including 1954 and those not represented in the computations of the adjustment factors), by summing the products of the adjustment factor and number of day's absence for each size class included in the estimate, over all size classes, to obtain total standard days, then dividing the corresponding catch of the species summed over all size classes included in the estimate, by the total number of standard days. The results are given in Table 15.

The method of calculating the adjustment factors and using them to standardize the units of effort may be described algebraically as follows:

Let i=time interval (year)

j=area

k=size category

c_{ijk}=the amount of fish caught in area j during year i by f_{ijk} units of fishing effort in size category k

The catch per unit of effort in area j during time interval i (year) for size category k is:

$$d_{ijk}=\frac{c_{ijk}}{f_{ijk}} \qquad (5)$$

Summing for all areas for a given year, using the dot convention to designate totals with respect to corresponding subscripts:

$$d_{ik}=\frac{c_{i\cdot k}}{f_{i\cdot k}} \qquad (6)$$

Let the standard size category be "s" so that

$$d_{ijs}=\frac{c_{ijs}}{f_{ijs}} \tag{7}$$

and summing over all areas for a given year

$$d_{is}=\frac{c_{i\cdot s}}{f_{i\cdot s}} \tag{8}$$

The adjustment factor, $\hat{A}_k$, taking the density measured by category k for all areas and averaged over a number, n, of years relative to the density measured by category s over the same areas and periods, is estimated by:

$$n\log \hat{A}_k = \sum_{i=1}^{n} \log \frac{c_{i\cdot k}}{f_{i\cdot k}} - \sum_{i=1}^{n} \log \frac{c_{i\cdot s}}{f_{i\cdot s}} \tag{9}$$

The total effort, in standard units, for a given year corresponds to:

$${}_s\hat{f}_i = \sum_{k=1}^{n} \hat{A}_k f_{i\cdot k} \tag{10}$$

and the abundance for the given year is estimated by:

$${}_s\hat{d}_i = \frac{c_{i\cdot\cdot}}{{}_s\hat{f}_i} \tag{11}$$

Catch per day's fishing

Collection of logbook information

A more precise measure of abundance than the catch per day's absence is the catch per actual day's tuna fishing, because it is independent of the time spent in baiting and other activities not directly related to tuna fishing, and so eliminates one source of possible error (condition 4 on p. 372). However, it cannot be as readily computed as the catch per day's absence because it must be derived from data compiled directly by the fishermen in their logbooks. The establishment, therefore, of an effective means of obtaining detailed records on the operations and results of individual vessels using logbooks was one of the first steps taken by the Tuna Commission.

The logbook system employed by the Commission is similar to that employed successfully for many years by the International Pacific Halibut Commission. Logbooks are provided free of charge to fishermen, and information on fishing and baiting is abstracted from these at the end of each trip. In order to preserve the integrity of individual enterprise, all logbook data of individual vessels are treated in a confidential manner.

The effectiveness of such a program as this depends, of course, on the voluntary cooperation of the fishermen. In this respect, the Commission

has been fortunate in having been able to collect each year since 1951, logbook information for over 85 percent of all tuna trips made by the baitboats. The response from the purse-seine fleet to the logbook system has been equally good.

Coincidentally with the gathering of data on a current basis, an attempt was made to find as many old logbooks as possible still remaining in the possession of the fishermen. This canvass was quite productive, and a useful number of old logbooks was obtained, mostly from the baitboat fleet. Although some series of historical fishing records for earlier years were acquired, coverage, as might be expected, was better for the more recent period (from about 1947).

The statistical area system

For use in conjunction with logbook information, a statistical area system was also established. According to this system, the Eastern Pacific Ocean is divided into major sub-divisions bounded by lines of latitude and longitude which are divisible by five and are coded by the latitude and longitude of the southeast corner (Figure 14). Each sub-division in turn is further sub-divided into 25 one-degree squares, approximately 60 nautical miles on a side, and serially numbered from 1 to 25 starting at the southeast corner and working from east to west and south to north. Thus, each 60 mile square within the whole Eastern Pacific region is designated by a seven digit code number, except for those south of the equator which require an eighth digit.

The merits of this kind of statistical scheme are several. The areas are identifiable on any standard chart, and their coding permits the use of punch cards for summarizing data by sub-areas. The one-degree squares and five-degree squares can also be readily aggregated into larger areas as desired.

Analysis and treatment of logbook data

From analysis of the information obtained for each trip, it is possible to determine the number of days spent tuna fishing and the quantities of yellowfin and skipjack caught during these days. Any day that a clipper had bait aboard and was in an area where fishing is normally conducted at that season was considered to be a "day's tuna fishing", regardless of whether or not fish were caught, unless it was obvious from the logbook entries that she was running without looking for fish.

The catch per day's fishing of yellowfin and skipjack, by size class of baitboat, for the various years for which logbooks were obtained, was computed in the same manner as earlier described for the catch per day's absence, except that instead of using total days from port, the actual number of days spent fishing was employed. Table 16 lists these values.

The relationship between catch per day's fishing and catch per day's absence

The percentage of time spent fishing in relation to the total length of trip may be determined for each size class and year for which logbook information is available. This statistic is plotted in Figure 15, together with the percentage of time spent baiting for the period 1934 to 1954, using only those years where at least 10 trips are included in the data for classes 1-5 and 5 trips for class 6. The proportion of fishing time fluctuates from year to year for each size class, and while the deviations are larger for the early years, probably because of the fewer number of trips represented, in general the values tend to fall about an average level slightly more than 50 percent. It would be expected from the relative stability of this statistic, at least over most of the years depicted, that the catch per day's fishing and the catch per day's absence for each size class will be closely related. This is indeed the case as shown by Figure 16 where for yellowfin tuna, the catch per day's fishing for classes 1 to 6 is plotted against the catch per day's absence obtained for corresponding trips and classes, using again only those years where the data for the first 5 classes include more than 10 trips and for class 6, more than 5 trips. For skipjack, Figure 17, the data are plotted in similar fashion but for only classes 1 through 4. The relationship between the two indices for yellowfin is almost linear, being best described by a second degree polynomial equation, whereas for skipjack, the points are fitted best by a straight line. The importance of these relationships is that they afford a means of estimating the catch per day's fishing for years which are not well represented by logbook data but for which good catch per day's absence information is available.

Standardization of the catch per day's fishing

The yearly summaries of the distribution of catch and effort of vessels of different size classes by statistical sub-areas, which are prepared from logbook information, permit the calculation of efficiency factors for standardizing the catch per day's fishing in terms of a single index. These efficiency factors were computed for each year, from 1947 to 1953, by determining, for each major sub-area in which at least 20 days of fishing effort for each size class were logged, the ratio of the catch per day's fishing of each of the classes 1 through 6 relative to class 4 for yellowfin, and each of the classes 1-4 relative to class 3 for skipjack, and then taking the geometric means of the values of the ratio for a given size class and year determined for the several sub-areas represented. That is, using the same notations as earlier employed, the estimates of the efficiency factors for size class k relative to size class s for each area j in a given year i are provided by:

$$\hat{E}_{ijk} = \frac{C_{ijk}}{F_{ijk}} \cdot \frac{F_{ijs}}{C_{ijs}} \qquad (12)$$

The mean efficiency factor ($\hat{\bar{E}}_{ik}$) for class k for the year was then obtained by taking the geometric means of the several values of $\hat{E}_{ijk}$ for different j's which, in this case, were major sub-areas, 5 degrees on a side.

Having arrived at these efficiency factors (Table 17), the effort units of the various size categories for a given year were calculated in standard units and summed over all gear categories:

$$ {}_s\hat{F}_i = \sum_{k=1}^{n} \hat{E}_{ik} F_{i \cdot k} \qquad (13) $$

and the catch per standard unit of effort, for each species was then taken as:

$$ {}_s\hat{D}_i = \frac{C_{i \cdot \cdot}}{{}_s\hat{F}_i} \qquad (14) $$

Comparison of the catch per day's fishing derived from logbook data and the catch per day's fishing calculated from day's absence data

In Figure 18 are graphed for yellowfin and skipjack tuna: (A) The catch per day's fishing based on logbook information standardized for years prior to 1947 by the mean values of the efficiency factors for each size class for the period 1947 through 1951 (Table 17), and for years after 1947, by the yearly efficiency factors, and (B) The catch per standard day's fishing based for all years on the catch per day's fishing estimated, for each size class, for each year, from the average catch per day's absence for the corresponding size class and year using the appropriate regression equations of Figures 16 and 17 and standardized in the same manner as (A) above (Table 18).

It may be seen from these graphs that for both yellowfin and skipjack the estimates of abundance from logbook information are consistently higher than those derived from day's absence records, the differences being larger for prewar years when logbooks were obtained for only a small sample of the fleet, than in later years when the data are more representative. This difference in level suggests that the better fishermen kept logbooks; or stated in another way, that those who were intelligent enough to maintain detailed records of their operations were also usually more successful in fishing than those who did not keep logbooks. The same result could arise from the boats having spent less time baiting and more time fishing in the early years but from Figure 15, it looks as if the baitboats actually spent somewhat less time both baiting and fishing during this period.

Although for years after 1941, the differences between the two abundance indices for yellowfin tuna are not large enough that the use of either would significantly alter the general trends, the use of logbook estimates

for years prior to 1941 obviously will result in an over-estimate of the apparent abundance. For skipjack, the variations between the two measures are large for almost all years up to 1951. It was decided, therefore, to use for both species a composite index of abundance, based on values of the standardized catch per day's fishing estimated from the catch per day's absence for years up to and including 1950, and for years after 1951, when the Commission's logbook system was in full operation, to employ the catch per day's fishing computed directly from logbook records, which, for these more recent years, are almost complete in their coverage of the activities of the baitboat fleet. The selected values of the combined index are given in column 2 of Tables 19 and 20.

The ability of fishermen who keep logbooks to catch proportionately more fish on the average than those who do not do so has interesting connotations to the work of Thompson, Dunlop, and Bell (1931) on the Pacific halibut. The catch per unit of effort data for the early years of the halibut fishery were based on only a few logbooks—those of five selected vessels for the period 1902-1915 (Thompson, 1916)—so that if only the better halibut fishermen kept logbooks, as appears to be true for tuna fishermen, the estimates of population size provided by the catch per unit of effort were weighted in favor of an apparent abundance that was larger than actually encountered by the majority of the fishermen. Indeed, this possibility was later recognized by Thompson (1950). Thus, it may well be hazardous to attempt to interpret historical logbook data in terms of abundance unless there are other means by which these estimates may be calibrated, or at least the results must be interpreted with considerable caution.

Comparison of the catch per day's absence standardized by adjustment factors and the catch per day's fishing standardized by efficiency factors

Two indices of abundance are now available: the catch per standard day's absence and the catch per standard day's fishing. It might be assumed *a priori* that the two would be compatible because of the relationships previously shown (Figs. 16 and 17), and that the catch per standard day's absence would exhibit somewhat more variation than the catch per standard day's fishing because the efficiency factors do not take into account the ability of some vessels to go to far areas of higher fish density. This difference being related to vessel size, it would also be expected that the catch per standard day's absence would be affected, relative to catch per day's fishing, in some degree by changes in the size composition of the fleet from year to year.

The extent to which this is shown by our data may be observed from Figure 19 where the catch per standard day's absence and the catch per standard day's fishing are plotted for skipjack in the lower panel and for yellowfin in the upper panel. Disregarding the differences in level, the two

curves are similar in trend for both species, but there are some notable differences which are most pronounced for the war-time period and which are most obvious for yellowfin. The catch per standard day's absence shows the abundance of the Eastern Pacific yellowfin tuna to have recovered from its low point in 1941 to a level in 1944 exceeding that reached in any pre-war year, whereas the increase is shown to be not as great by the catch per standard day's fishing. The rate of decline thereafter, to 1947, is also somewhat less steep in the latter.

These variations are explainable on the basis of the differences due to the factors employed for standardization. Since the adjustment factors for smaller size classes are smaller relative to a class 4 vessel than the efficiency factors for the same classes, for pre-war years when large numbers of small vessels were active, the use of adjustment factors yields a smaller total number of standard days than the efficiency factors for the same years. This results in the curve of the catch per day's absence, using adjustment factors, being at a relatively higher level than the catch per day's fishing, based on efficiency factors, for the same period. During the war, when the fishery was carried on mostly by small vessels, the effects of adjustment are accentuated and, in post-war years, the adjustment curve approximates that obtained from efficiency factors because fewer small baitboats were present in the fleet at this time. For skipjack, the effects of adjustment operate in the same manner but are not as marked, because the catch per unit of effort value of only the four smallest size classes are employed. It, therefore, appears that the estimates of abundance provided by the catch per standard day's fishing present a somewhat more reliable picture of the trends in average abundance of yellowfin and skipjack in the whole region of the fishery than the catch per standard day's absence.

Fishing Intensity

Calculated relative intensity of fishing

Given an estimate of the total annual catch of one of the tuna species for the entire Eastern Pacific region, and an estimate of abundance in terms of the catch per standard day's fishing, the relative total intensity of fishing for that species may be calculated by dividing the total annual catch by the catch per standard unit of effort. The calculated fishing intensity for yellowfin and skipjack are given in column 3 of Tables 19 and 20, respectively, with the effort units for yellowfin expressed in class 4 baitboat fishing days and for skipjack, in class 3 baitboat fishing days.

RELATIONSHIPS BETWEEN ABUNDANCE AND FISHING INTENSITY

The relationships between the abundance of Eastern Pacific yellowfin and skipjack tuna and fishing intensity may be examined for the series of years from 1934 through 1954 from Figures 20 and 21.

Yellowfin Tuna

For yellowfin (Fig. 20), the total catch and fishing intensity increased from 1934 to the beginning of the war, but was accompanied by a steady decline in abundance. With a decrease in intensity of fishing resulting from war-time exigencies, the density of the yellowfin tuna stock recovered partially during World War II to almost pre-war levels but the total yield decreased. However, toward the latter years of the war, as the size of the fishing fleet increased, the total catch also rose sharply, but, as the accumulations were dissipated, the density of fish again resumed its downward course. Although the intensity of fishing has varied widely in the last few years, mainly as a result of economic factors, the trend in fishing effort from 1944 until 1953 was upward and there was a corresponding downward trend in abundance. The total catch continued to increase until about 1950, after which it also shows a downward trend. These changes in the abundance of the Eastern Pacific yellowfin tuna, which are closely associated with corresponding changes in fishing intensity, seem to offer rather convincing proof that, for this species, the amount of fishing has been able to affect the size of the average stock available for exploitation.

The strongest argument in favor of this conclusion is offered by the notable increase in abundance of yellowfin tuna during the years of the Second World War coincident with the curtailment of fishing as a result of circumstances independent of the condition of the fishery or of the stock. Similar buildups in stocks of fish during war have been observed for other marine fisheries, and these increases have been credited to war-time respites in fishing. Russell (1942) has cited the populations of North Sea haddock and Icelandic plaice as being among those which increased in size after World War I. Margetts and Holt (1948), in discussing the effects of World War II upon the English North Sea trawl fisheries, have stated (p. 37) that, "The replenishing of the stocks of demersal fish in the North Sea, which has been shown to have occurred by 1945 and 1946, was directly attributable to the discontinuation of fishing in the major part of the North Sea between 1940 and mid 1945."

Skipjack Tuna

For this species (Fig. 21), the catch per day's fishing exhibits wide fluctuations from year to year which do not seem to be associated with changes in the intensity of fishing. Since about 1945, fishing effort has increased considerably, and has been accompanied by a slight upward trend in the catch per day's fishing. The result has been a tremendous rise in total catch, which was interrupted from 1950 to 1952, but which has since continued. The lack of correlation between the variations in abundance of skipjack and variations in fishing intensity suggests that factors other than the fishery have been responsible for the variations in abundance of this species.

Possible Effects of Gear Competition

It is unlikely that the relationship observed between variations in apparent abundance of yellowfin tuna and the intensity of fishing is entirely fortuitous in origin, but it might be considered possible that factors other than the effect of fishing on the size of the population have been responsible.

In view of the decrease in the abundance of yellowfin tuna coinciding with the sizable and rapid increase in fishing effort in recent years, the effect of gear competition upon the catch per unit of effort as a measure of population density comes immediately to mind. It may be argued that the decline in catch per standard day's fishing of yellowfin does not represent an actual lessening in numbers of fish but reflects instead the results of keener rivalry among fishermen for the same fish.

Two kinds of "competition" are distinguishable in a fishery. The first type is this: When vessels fish in the same area at different times, the first one in the area removes fish to a large enough degree that the catch of the next vessel is affected, because there are less fish to catch. This kind of gear "competition" in fact is the measure of the decrease of the average stock, which is reflected in the statistics as the *average* apparent abundance.

The second type of "competition" is *interference* which may take place between boats fishing the same grounds. If, when there is no interference, the instantaneous rate of fishing mortality (i) is equal to the product of some constant (k) and the number of fishing units (f) so that

$$i = kf, \qquad (15)$$

under this kind of competition $i < kf$. However, as J. L. Hart has suggested (Ricker, 1940, p.67), an increase in numbers of vessels engaged in a pelagic fishery may have certain beneficial effects, such as in facilitating the location of fish schools. This would apply to the tropical tuna fishery. Also, tuna fishermen communicate with each other and try to move towards areas of better fishing so that at times "i" may be greater than "kf", which would tend to offset the variations in instantaneous mortality due to vessel interference, so that the effects of this type of competition may well average out in the tuna fishery.

The question may be approached in still another manner, employing the data presented. If it be assumed that neither yellowfin nor skipjack abundance is affected by the amount of fishing, but that as the number of units of gear increase they interfere materially with one another, this would result in a decrease in catch per standard day's fishing for both species. The fact that there are changes in the catch per standard day's fishing for yellowfin associated with changes in fishing effort, while for skipjack there is no evidence of a similar relationship, offers strong evi-

dence that interference among gear has not been an important factor in affecting the catch per unit of effort of yellowfin tuna.

Economic Effects of the Geographic Distribution of Fishing Effort and the Effects of Abundance of Yellowfin on Fishing for Skipjack in More Distant Areas

The analysis of the quantitative records of the yellowfin and skipjack tuna fishery also provides some insight into certain economic aspects of fisheries exploitation, particularly of the manner in which fisheries expand, which have been propounded at some length by Gordon (1953, 1954). It is a fundamental principle that all fishermen strive to maximize their profits so that they will expand the geographical extent of their activities only if it pays them to do so. At the inception of a fishery, the fishermen will tend to remain in areas closest to home port as long as the return per unit of effort exceeds the unit cost. However, as the fishery continues to increase in intensity and the abundance of fish on the nearby grounds declines, the fisherman must either go to areas of higher abundance or become more efficient in his operations in order to maintain his economic position. Usually, it is simpler for him to go fishing to more distant points, but this also increases his costs, so that his catches must be correspondingly somewhat larger to compensate for the added expenses. Consequently, in a well-developed and fully expanded fishery, it would be expected that the larger vessels which are capable of fishing at great distances will have higher catches of fish per unit of fishing effort than the smaller boats, even after correcting for vessel efficiency, and that a gradient of abundance will be established directly proportional to distance from home port. This has been well illustrated for the Pacific halibut fishery by Thompson and Bell (1934) in Figure 6 (p. 17) of their publication, and is shown less lucidly for the tropical tuna fishery by Figure 22 which gives the catch per standard day's fishing of yellowfin and skipjack by sub-areas of the Eastern Pacific Ocean from north to south for the period 1947 to 1954. It appears from these data that after about 1951, when the fishery had reached a quasi-stabilized state, the California-based baitboats encountered, on the average, higher densities of yellowfin and skipjack, in the aggregate, with increasing distance from port.

In the tuna fishery also, after the accumulations of yellowfin from the war years had been removed from the stock, and the average abundance began to decline, an economic strain was imposed upon the larger baitboats which depended primarily on this species. At the lower levels of yellowfin abundance, it became profitable for these vessels to catch skipjack which were formerly often passed up in favor of yellowfin. More and more skipjack were taken by the larger classes of vessels, which fish the distant grounds, as the abundance of yellowfin decreased. This shift to skipjack on the more distant grounds is shown best in Figure 22 by the changes in the catch per standard day's fishing of skipjack relative to yellowfin in the

Galapagos Islands starting about 1950 and in the region south of 5° N. latitude, from about 1952.

CONCLUSIONS

Within limits of the various conditions respecting population relationships and measures employed, certain conclusions may be set forth concerning the effects of fishing upon the Eastern Pacific stocks of yellowfin and skipjack tuna, in the aggregate, and some assessment made of their condition as of 1953-54, with reference to the level of maximum sustained yield.

Yellowfin Tuna

The manner in which the apparent abundance of this species exhibits marked changes inversely to changes in fishing effort indicates that the fishery has had a real effect upon the stock of yellowfin tuna during the period studied. This, of course, is the inescapable consequence of effective exploitation, and shows only that the rate of fishing is sufficiently high to noticeably affect the average size of the population. The failure of the total catch to increase, with increasing effort and decreasing apparent abundance in recent years, suggests also that the intensity of fishing in some recent years may have reached, and might even have slightly surpassed the level corresponding to maximum equilibrium yield. If this be true, increased fishing effort cannot be expected to result in a level of yield higher than that already attained [1].

These conclusions respecting the effects of fishing relate to the *average* condition considering the Eastern Pacific yellowfin tuna stock as a whole. It may well be that the stock is divided into sub-populations and that the fishery bears unevenly upon these units.

Skipjack Tuna

For skipjack tuna, the results are quite different. The catch per standard day's fishing shows marked fluctuations which do not appear to be associated with intensity of fishing, but which may be related to variations in availability, due either to changes in the habits of the fish or to changes in the environment, or to the presence of dominant year-classes. Therefore, it appears that the present rate of catching is not large enough to have measurable effects on the average population size of skipjack, and that it is biologically possible to increase greatly the average annual catch of this species on a sustainable basis.

---

[1] A more precise analysis of the yellowfin tuna data, based on some more advanced theory of population dynamics, providing estimates of the level of maximum yield, will be the subject of another Bulletin to be published in the near future.

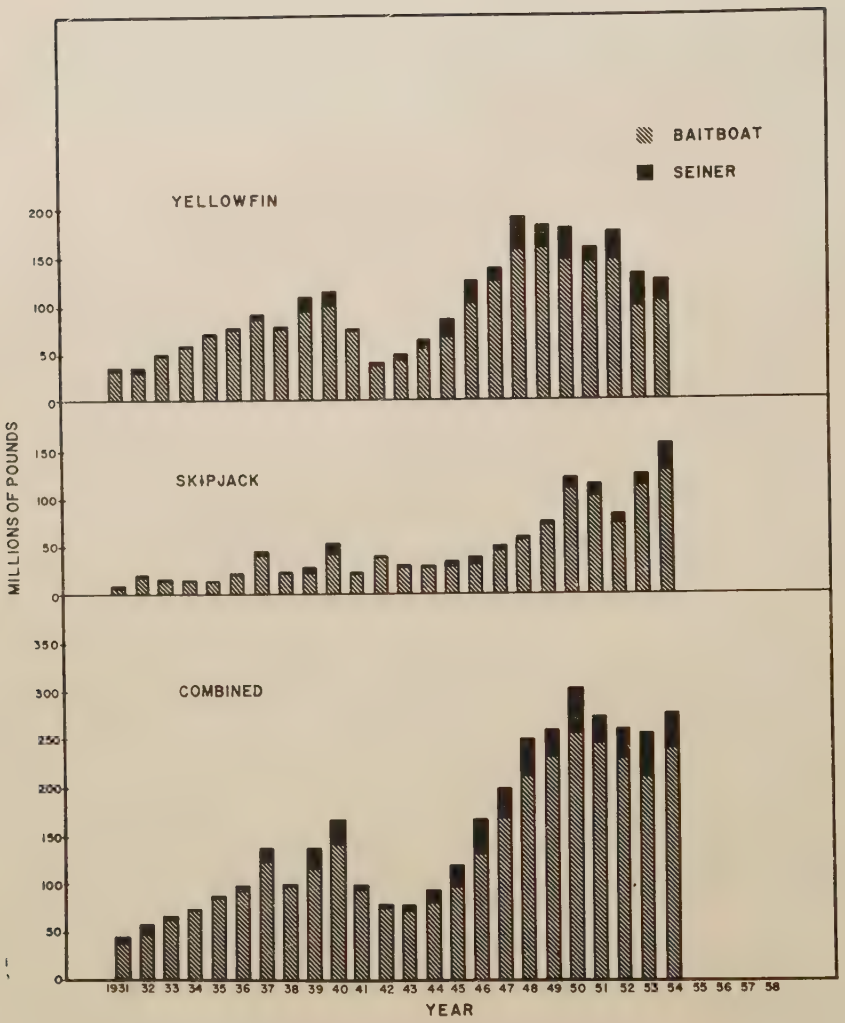
BAITBOAT
SEINER
YELLOWFIN
SKIPJACK
COMBINED
MILLIONS OF POUNDS
YEAR
1931 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58

Figure 1. Landings of yellowfin and skipjack tuna by California baitboats and purse-seiners, 1931-1954.

Figura 1. Desembarques de atún aleta amarilla y barrilete efectuados por los barcos de carnada y rederos de California, 1931-1954.

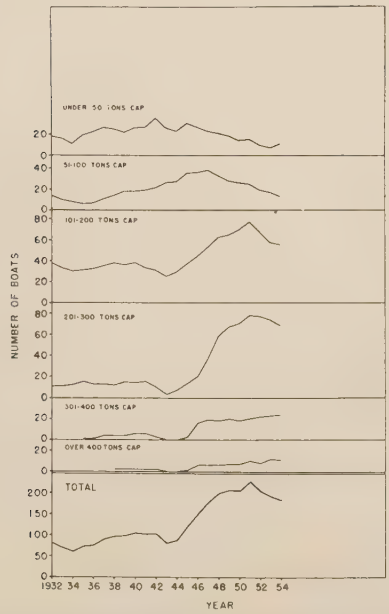

Figura 2. Numbers of California baitboats active in the Eastern Pacific fishery for yellowfin and skipjack tuna, 1932-1954, by vessel size-categories.

Figura 2. Número de barcos de carnada de California, por categorías de tamaño, que han participado en la pesquería de atún aleta amarilla y barrilete del Pacífico Oriental, 1932-1954.

Figure 3. The geographical extent of the Eastern Pacific fishing grounds for yellowfin and skipjack tuna in 1954. The heavily shaded areas represent regions of highest tuna production.

Figura 3. Extensión geográfica de las zonas de pesca de atún aleta amarilla y barrilete en el Pacífico Oriental en 1954. Las áreas más sombreadas representan las regiones de más alta producción de atún.

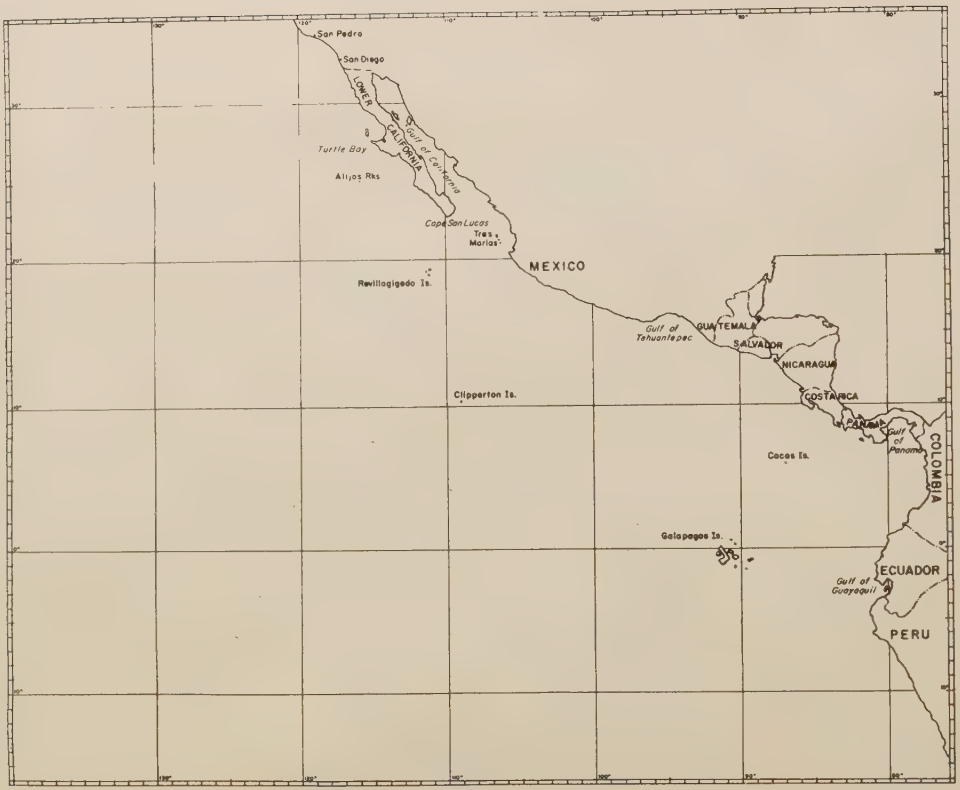

Figure 4. General chart of the Eastern Pacific region showing landmarks of interest to the yellowfin and skipjack tuna fishery.

Figura 4. Mapa general de la región del Pacífico Oriental que muestra las localidades de interés para la pesquería de atún amarilla y barrilete.

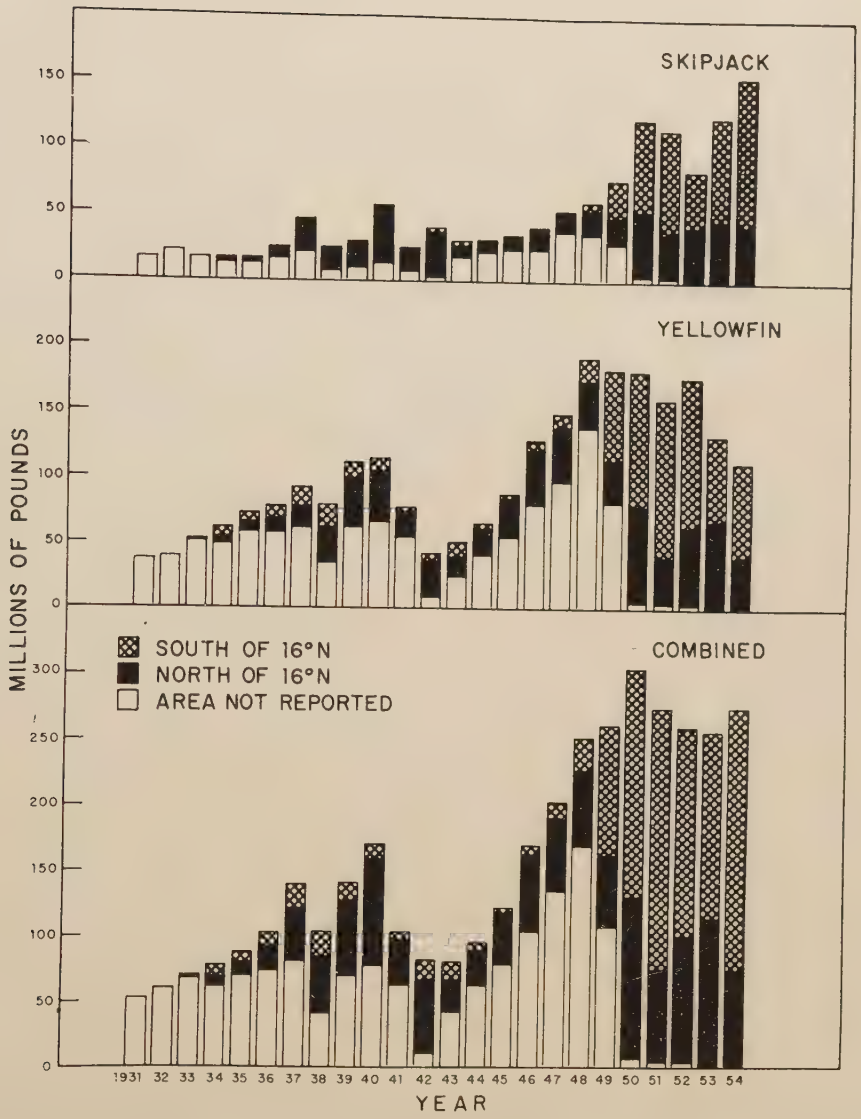
SKIPJACK
YELLOWFIN
COMBINED
SOUTH OF 16°N
NORTH OF 16°N
AREA NOT REPORTED
MILLIONS OF POUNDS
YEAR
1931 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54

Figure 5. Estimated landings of yellowfin and skipjack tuna by the California fleet from regions north and south of 16° N. latitude.

Figura 5. Desembarques estimados de atún aleta amarilla y barrilete efectuados por la flota de California, procedentes de las regiones al norte y al sur de los 16° N. de latitud.

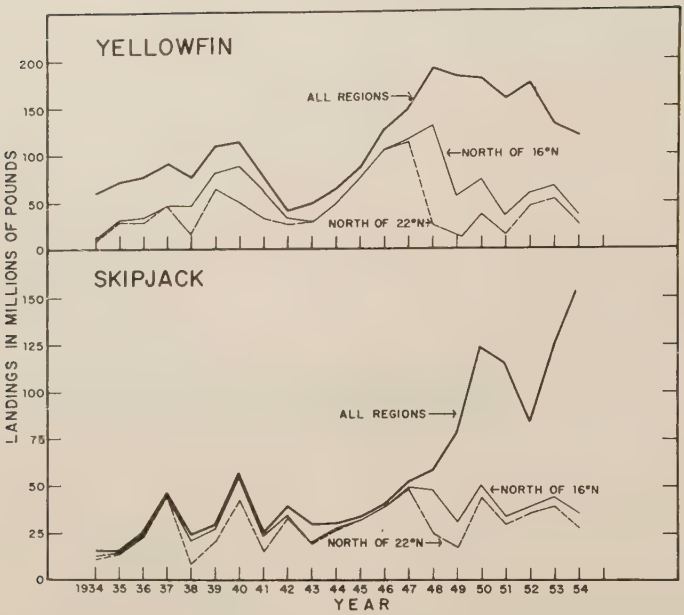
YELLOWFIN
ALL REGIONS
←NORTH OF 16°N
NORTH OF 22°N
SKIPJACK
ALL REGIONS
←NORTH OF 16°N
NORTH OF 22°N
LANDINGS IN MILLIONS OF POUNDS
YEAR
1934 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54

Figure 6. Estimated landings of yellowfin and skipjack tuna by the California fleet by regions, 1934-1954.

Figura 6. Desembarques estimados de atún amarilla y barrilete, efectuados por la flota de California, con indicación de las regiones de procedencia, 1934-1954.

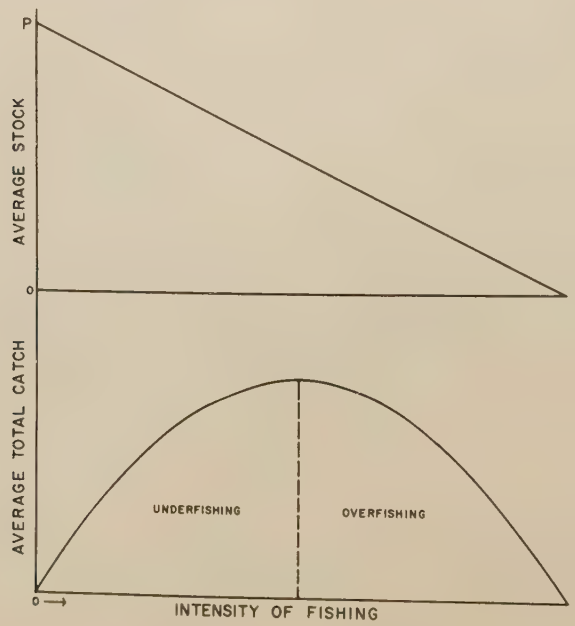

Figure 7. Equilibrium states of a fishery.

Figura 7. Condiciones de equilibrio de una pesquería.

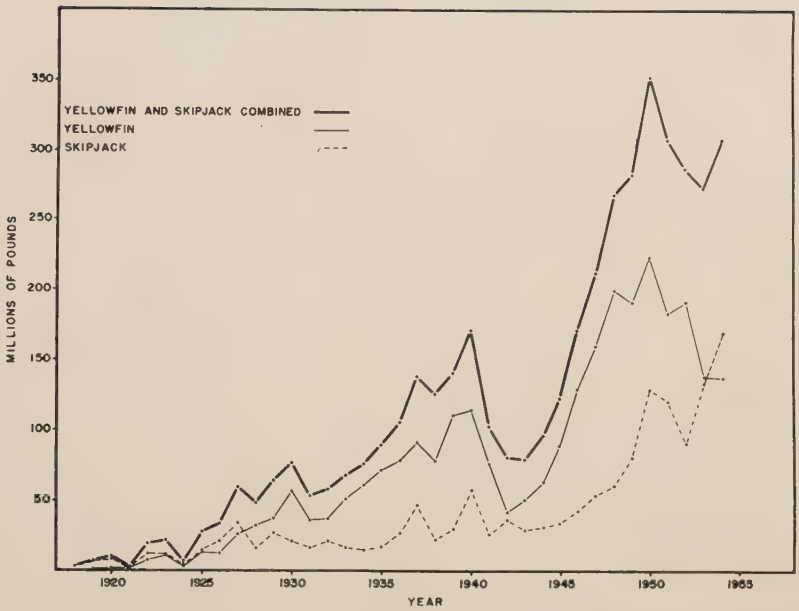

Figure 8. Total annual catch of yellowfin and skipjack tuna from the Eastern Pacific Ocean by all types of gear, 1918-1954.

Figura 8. Pesca total anual de atún aleta amarilla y barrilete procedentes del Océano Pacífico Oriental, efectuada por toda clase de barcos, 1918-1954.

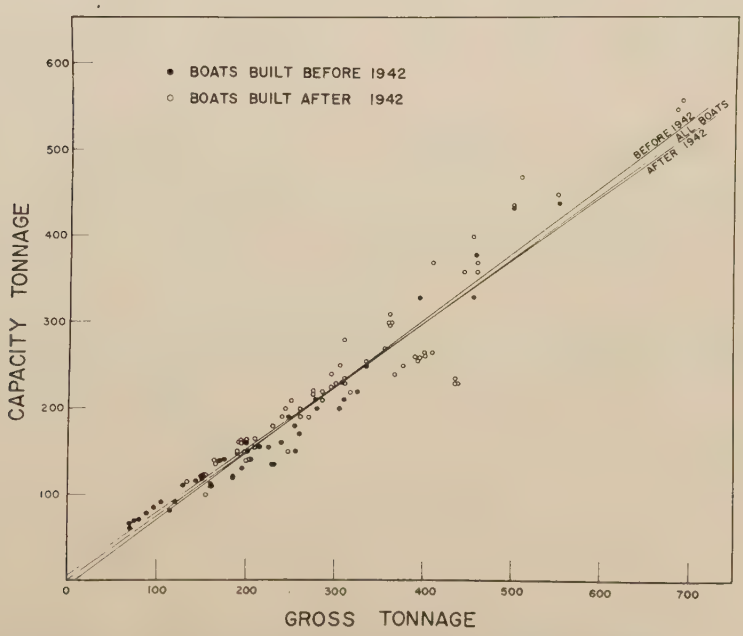

Figure 9. Regression of capacity on gross tonnage of California-based baitboats.

Figura 9. Regresión de la capacidad sobre el tonelaje neto de los barcos de carnada con base en puertos de California.

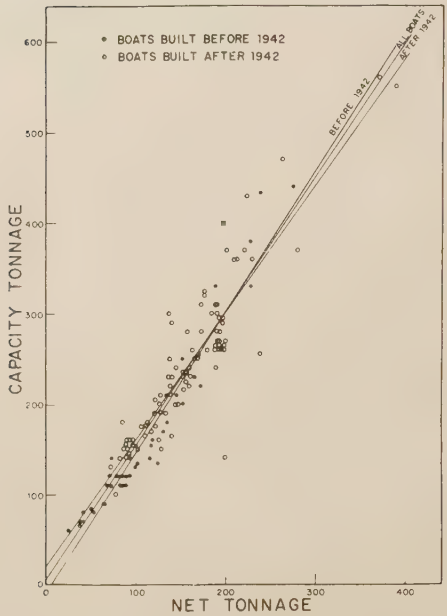

Figure 10. Regression of capacity on net tonnage of California-based baitboats.

Figura 10. Regresión de la capacidad sobre el tonelaje neto de los barcos de carnada con base en puertos de California.

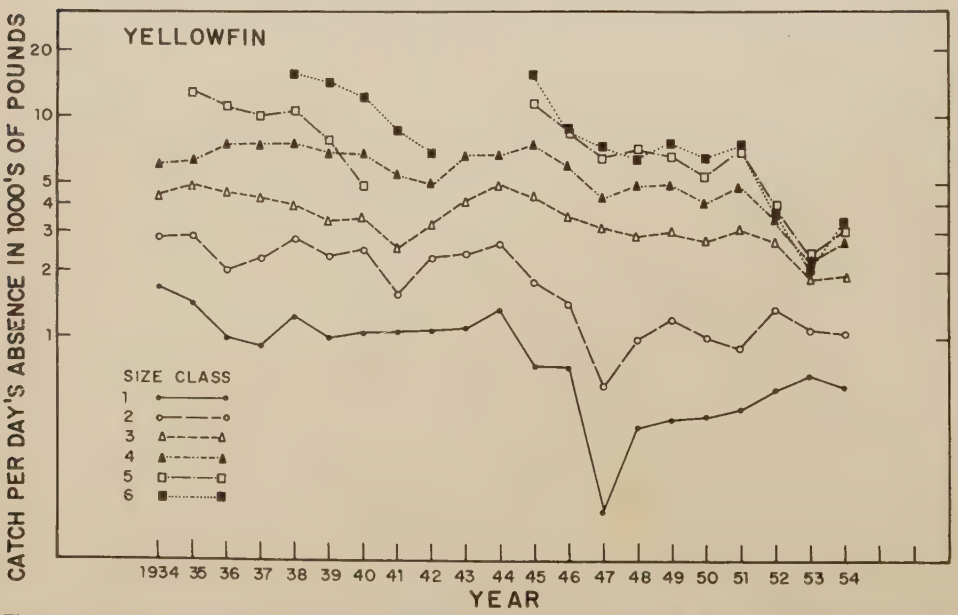

Figure 11. Catch per day's absence of yellowfin tuna by baitboats for trips originating from California ports, 1934-1954, by vessel size-category.

Figura 11. Pesca de atún aleta amarilla por día de ausencia, efectuada por los barcos de carnada en viajes originados en puertos de California, 1934-1954, con indicación de las categorías de tamaño de las embarcaciones.

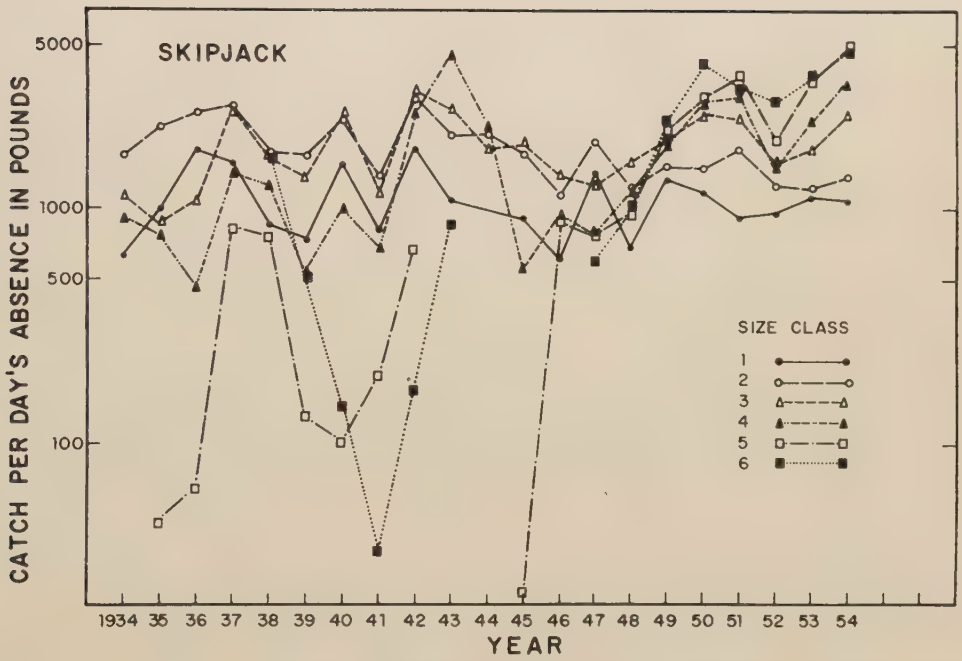

Figure 12. Catch per day's absence of skipjack by baitboats for trips originating from California ports, 1934-1954, by vessel size-category.

Figura 12. Pesca de barrilete por día de ausencia, efectuada por los barcos de carnada en viajes originados en puertos de California, 1934-1954, con indicación de las categorías de tamaño de las embarcaciones.

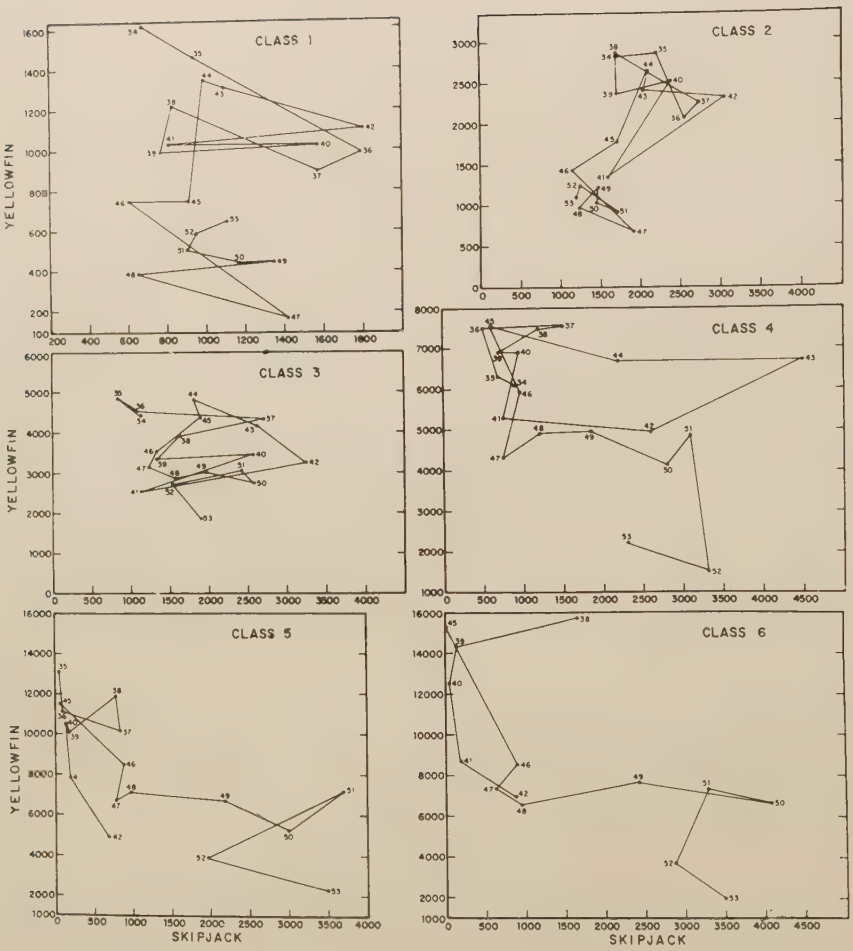

Figure 13. Correlation graphs showing the catch per day's absence of yellowfin tuna plotted against the catch per day's absence of skipjack, 1934-1953, by vessel size-category.

Figura 13. Gráficos de correlación que muestran la pesca de atún aleta amarilla por día de ausencia comparativamente con la pesca de barrilete por día de ausencia, 1934-1953, según las categorías de tamaño de las embarcaciones.

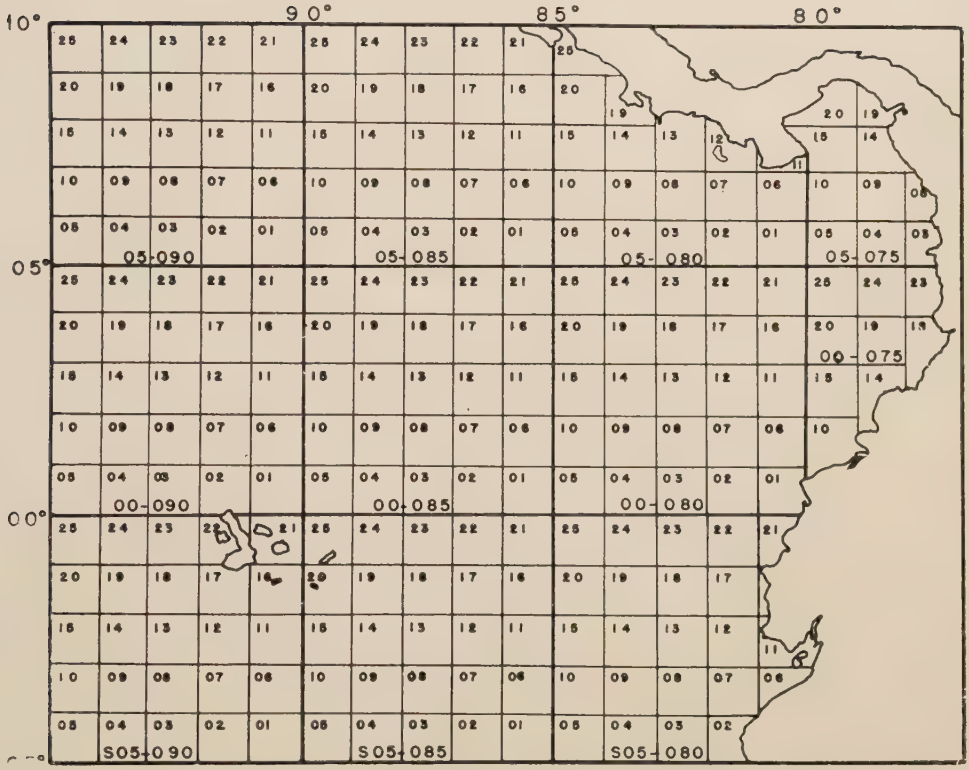

Figure 14. A portion of the Eastern Pacific Ocean illustrating the statistical area system presently employed by the Inter-American Tropical Tuna Commission.

Figura 14. Una parte del Océano Pacífico Oriental que muestra el sistema estadístico por áreas que emplea actualmente la Comisión Internacional del Atún Tropical.

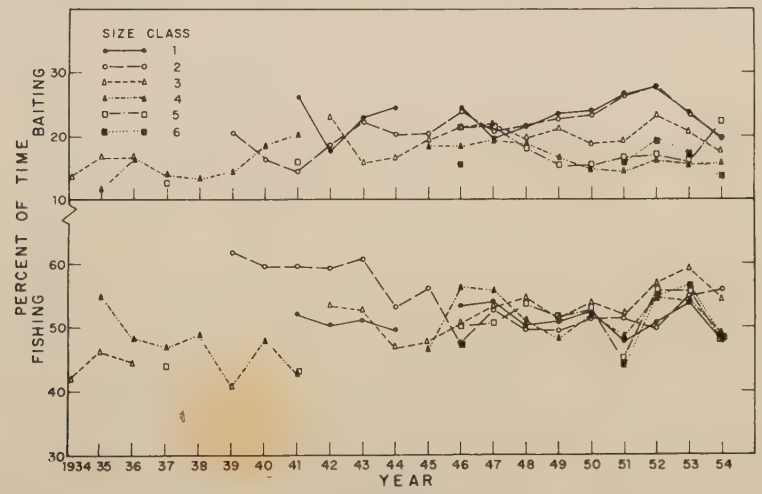

Figure 15. Percentage of time spent tuna fishing and baiting by different size-categories of baitboats as determined from logbook information. Points plotted for only those years between 1934 and 1954 where the data are based on at least 10 trips yearly for classes 1-5 and 5 trips for class 6.

Figura 15. Porcentaje del tiempo utilizado en la pesca de atún y la captura de carnada, por barcos de carnada de diferentes categorías de tamaño, según la información contenida en los registros de bitácora. Figuran solamente los puntos correspondientes a los años entre 1934 y 1954, en que los datos están basados en por lo menos 10 viajes al año efectuados por las clases 1 a 5 inclusive, y 5 viajes por la clase 6.

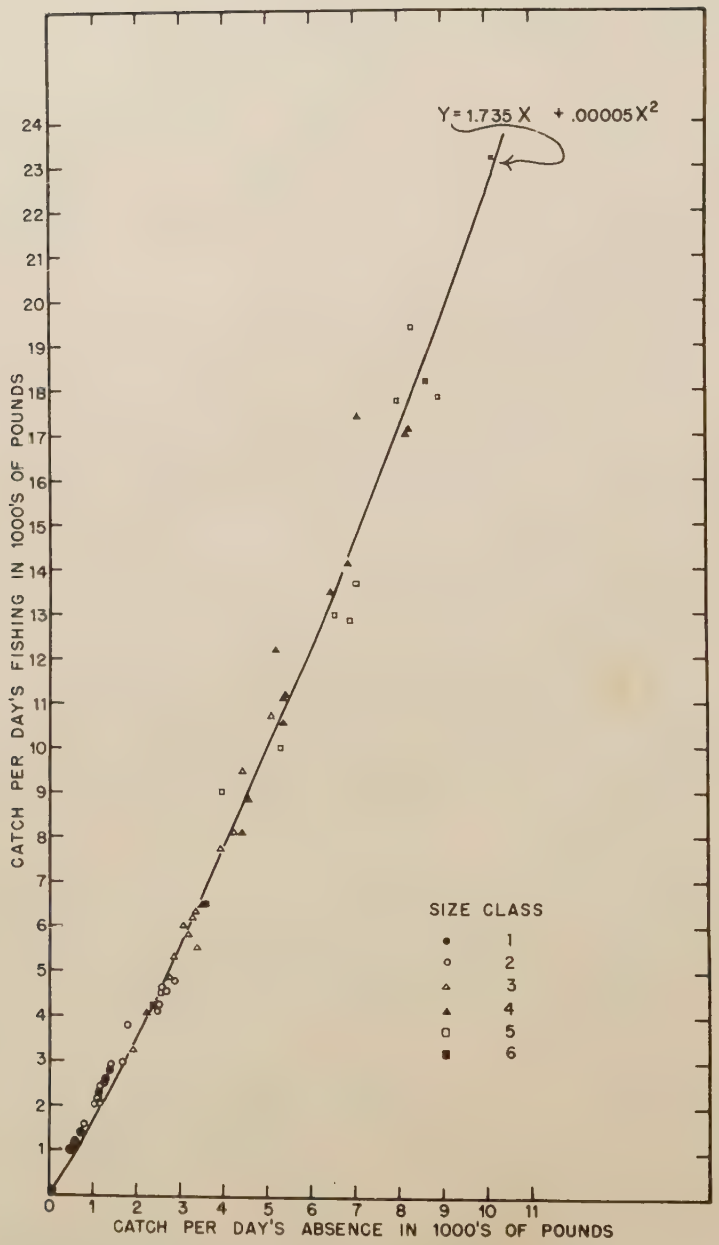

Figure 16. Relationship between the catch per day's absence and catch per day's fishing of yellowfin tuna for classes 1-6 baitboats. Points plotted for only those years between 1934 and 1953 where the data are based on at least 10 trips yearly for classes 1-5 and 5 trips for class 6 (Table 16).

Figura 16. Relación entre la pesca de atún aleta amarilla por día de ausencia y la pesca por día actividad de los barcos de carnada de las clases 1 a 6. Figuran solamente los años entre 1934 y 1953, en que los datos están basados en por lo menos 10 viajes al año efectuados por las clases 1 a 5 inclusive, y 5 viajes por la clase 6 (Tabla 16).

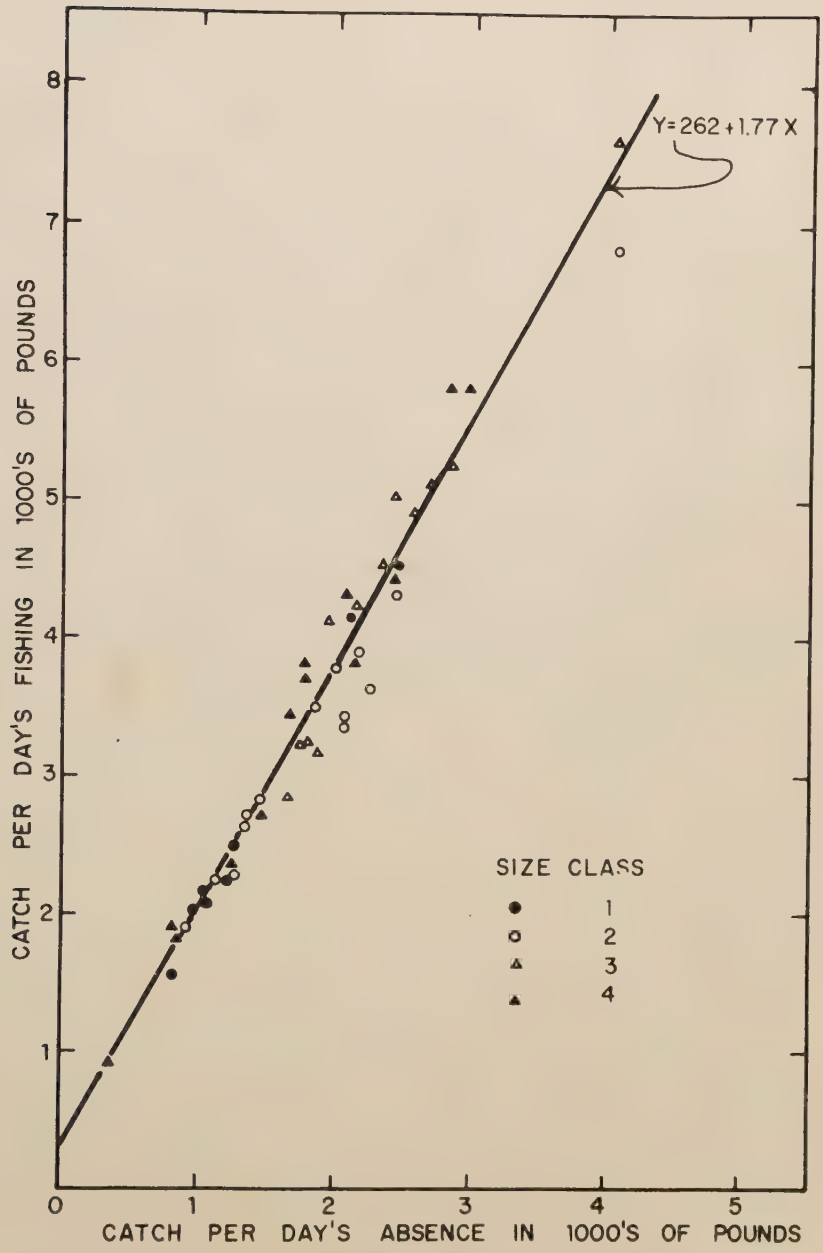

Figure 17. Relationship between the catch per day's absence and catch per day's fishing of skipjack for classes 1-4 baitboats. Points plotted for only those years between 1934 and 1953 where the data are based on at least 10 trips yearly for each size class (Table 16).

Figura 17. Relación entre la pesca de barrilete por día de ausencia y la pesca por día de actividad de los barcos de carnada de las clases 1 a 4 inclusive. Figuran solamente los años entre 1934 y 1953, en que los datos están basados en por lo menos 10 viajes al año efectuados por cada una de las clases de tamaño (Tabla 16).

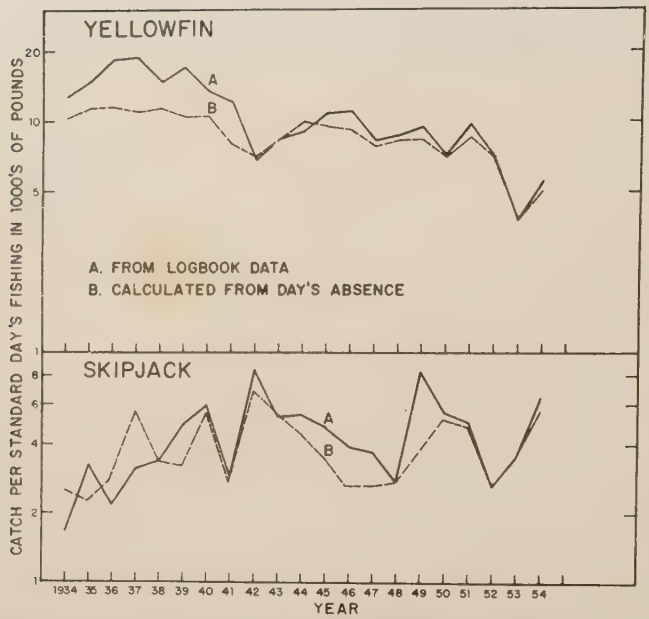
YELLOWFIN
A
B
A. FROM LOGBOOK DATA
B. CALCULATED FROM DAY'S ABSENCE
SKIPJACK
A
B
CATCH PER STANDARD DAY'S FISHING IN 1000'S OF POUNDS
1934 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54
YEAR

Figure 18. Catch per standard day's fishing of yellowfin and skipjack tuna by California baitboats calculated from logbook data and estimated from catch per day's absence data, 1934-1954.

Figura 18. Pesca de atún aleta amarilla y barrilete por día standard de actividad efectuada por barcos de carnada de California, calculada de acuerdo con los datos de los registros de bitácora y estimada de los datos de la pesca por día de ausencia, 1934-1954.

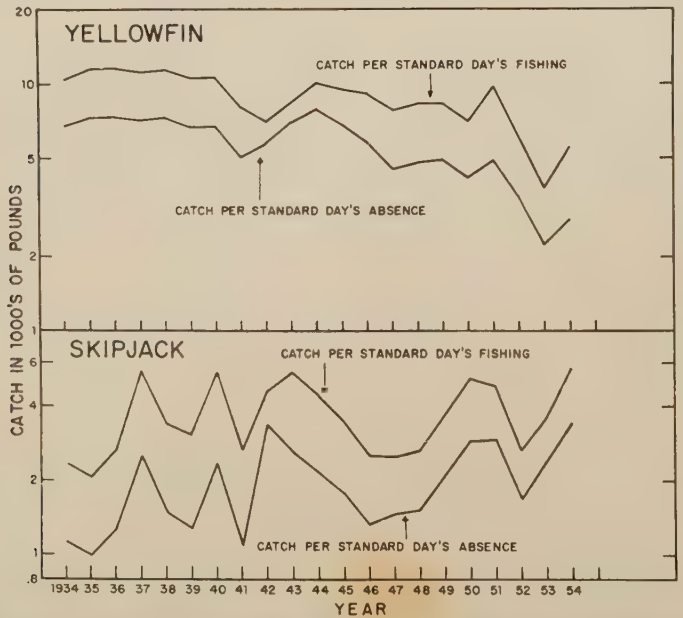
YELLOWFIN
CATCH PER STANDARD DAY'S FISHING
CATCH PER STANDARD DAY'S ABSENCE
SKIPJACK
CATCH PER STANDARD DAY'S FISHING
CATCH PER STANDARD DAY'S ABSENCE
CATCH IN 1000'S OF POUNDS
1934 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54
YEAR

Figure 19. Catch per standard day's fishing and catch per standard day's absence of yellowfin and skipjack tuna by California baitboats, 1934-1954. Effort standardized to class 4 baitboat for yellowfin and to class 3 baitboat for skipjack.

Figura 19. Pesca de atún aleta amarilla y barrilete por día standard de actividad, efectuada por los barcos de carnada de California de 1934 a 1954. El esfuerzo de pesca ha sido regulado en la clase 4 en cuanto al atún aleta amarilla, y en la clase 3 en cuanto al barrilete.

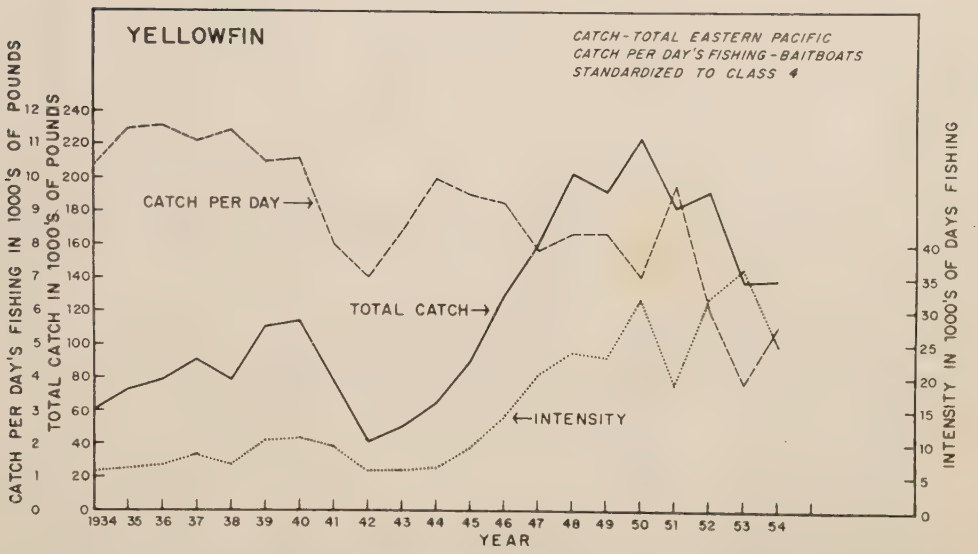

Figure 20. Total catch, catch per standard day's fishing, and calculated relative fishing intensity for yellowfin tuna in the Eastern Pacific Ocean, 1934-1954.

Figura 20. Pesca total, pesca standard por día de actividad, y cálculo de la relativa intensidad de la pesca de atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental, 1934-1955.

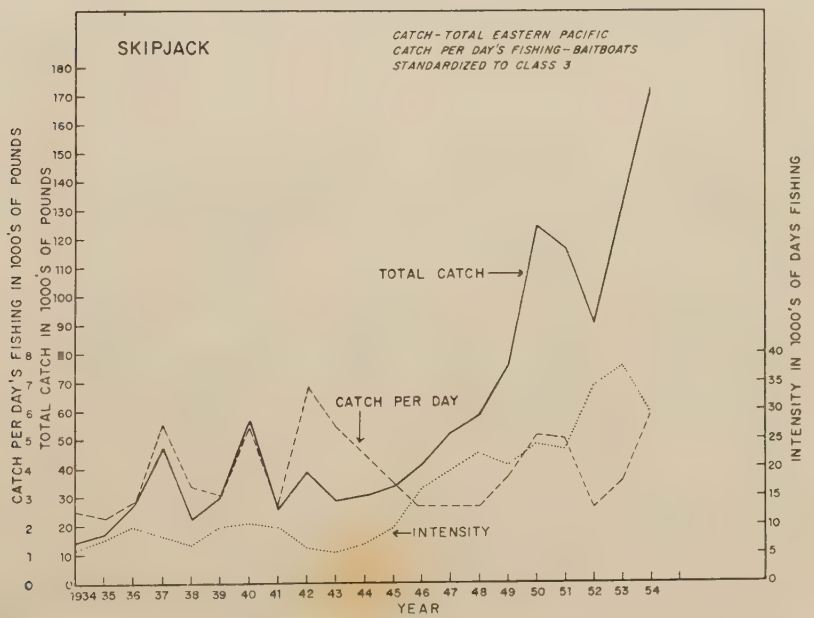

Figure 21. Total catch, catch per standard day's fishing, and calculated relative fishing intensity for skipjack tuna in the Eastern Pacific Ocean, 1934-1954.

Figura 21. Pesca total, pesca standard por día de actividad, y cálculo de la relativa intensidad de la pesca de barrilete en el Océano Pacífico Oriental, 1934-1954.

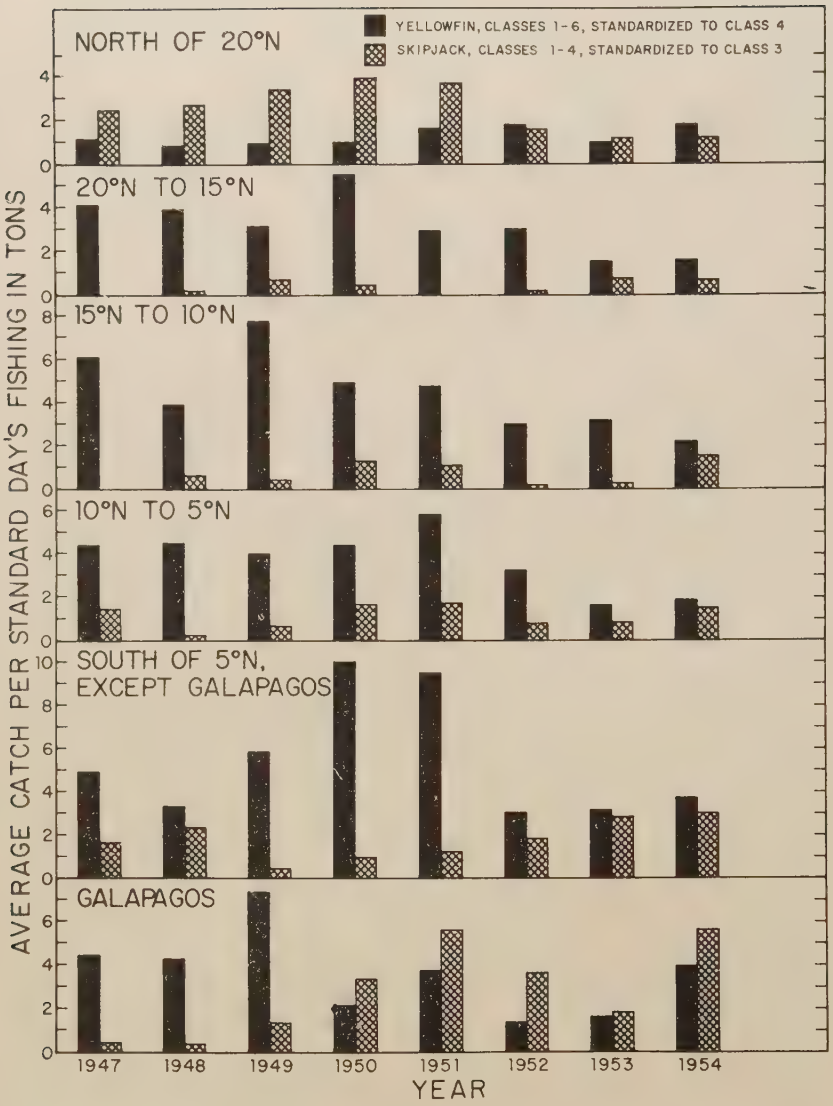

Figure 22. Catch per standard day's fishing of yellowfin and skipjack tuna by sub-areas of the Eastern Pacific Ocean.

Figura 22. Pesca standard de atún aleta amarilla y barrilete por día de actividad, en cada una de las sub-áreas del Océano Pacífico Oriental.

TABLE 1. California landings of yellowfin and skipjack tuna from California waters and waters south of the International Boundary* (in pounds).

TABLA 1. Desembarques de atún aleta amarilla y barrilete en California, procedentes de aguas californianas y de la región al sur del límite internacional* (en libras).

	YELLOWFIN		SKIPJACK		TOTAL	
Year	California	So. of Border	California	So. of Border	California	So. of Border
	ATUN ALETA AMARILLA		BARRILETE		TOTAL	
Año	California	Sur de la Frontera	California	Sur de la Frontera	California	Sur de la Frontera
1917	.....	.....	420,000	.....	420,000	.....
1918	.....	.....	3,020,000	.....	3,020,000	.....
1919	615,000	.....	6,885,000	15,000	7,500,000	15,000
1920	1,700,000	500,000	7,942,000	18,000	9,642,000	518,000
1921	1,350,000	50,000	1,139,853	147	2,489,853	50,147
1922	1,200,000	6,160,000	10,115,000	1,745,000	11,315,000	7,905,000
1923	428,896	10,643,233	4,579,077	6,883,445	5,007,973	17,526,678
1924	680,759	2,443,639	1,356,426	2,424,545	2,037,185	4,868,184
1925	2,963,620	10,315,278	8,768,114	5,466,975	11,731,734	15,782,253
1926	2,695,502	9,869,484	14,217,018	6,734,330	16,912,520	16,603,814
1927	595,247	25,338,798	5,802,598	28,003,362	6,397,845	53,342,160
1928	84,626	32,168,580	4,396,132	11,551,972	4,480,758	43,720,552
1929	199,444	37,245,480	8,032,077	18,974,936	8,231,521	56,220,416
1930	35,553	56,618,628	3,015,275	17,470,312	3,058,828	74,088,940
1931	154,024	36,425,456	11,965,616	4,541,145	12,119,640	40,966,601
1932	165,323	36,758,087	375,042	21,261,535	540,365	58,019,622
1933	6,867	51,068,763	10	16,687,298	6,877	67,756,061
1934	19,514	60,893,646	.....	14,830,194	19,514	75,723,840
1935	529,007	71,765,126	1,907,916	15,289,270	2,436,923	87,054,396
1936	767,231	77,585,413	8,456,751	18,549,354	9,223,982	96,134,767
1937	187,732	91,334,726	1,884,148	45,219,944	2,071,880	36,554,671
1938	10,566	78,277,578	2,816	22,650,815	13,382	100,928,393
1939	457,405	109,960,396	2,718,641	27,402,250	3,176,046	137,362,646
1940	237,527	113,660,682	2,985,111	53,665,044	3,222,638	167,325,726
1941	1,739	76,700,021	4,214,373	21,371,095	4,216,112	98,071,116
1942	1,315	41,166,126	217,838	38,497,344	219,153	79,663,470
1943	2,058	49,259,270	17,904	28,875,880	19,962	78,135,150
1944	45,373	62,190,656	43,676	29,920,701	89,049	92,111,357
1945	5,159	86,125,497	93,078	33,180,329	98,237	119,305,826
1946	32,653	126,393,035	1,747,060	39,130,247	1,779,713	165,523,282
1947	3,234	149,063,560	893,046	51,422,403	896,280	200,485,963
1948	593	191,635,058	319,194	58,433,122	319,787	250,068,180
1949	9,884	184,962,401	26,331	78,537,699	36,215	263,500,100
1950	1,461	182,222,961	12,421	124,712,144	13,882	306,935,105
1951	63	160,547,865	590	115,778,333	653	276,326,198
1952	.....	178,376,101	534	84,733,692	534	263,109,793
1953	102	132,086,244	1,307	122,304,876	1,409	254,391,120
1954	.....	119,401,795	14,399	153,736,190	14,399	273,137,985

*Sources: (1) U. S. Tariff Commission, Report to the United States Senate on Tuna Fish, Report No. 109, Second Series, 1936.
(2) Pacific Fisherman Yearbook, Vol. 52, No. 2, 1954.
(3) Calif. Dept. Fish and Game, Statistical Report of Fresh, Canned, Cured and Manufactured Fishery Products, Circular No. 29, 1955.

*Fuentes: (1) U. S. Tariff Commission, Report to the United States Senate on Tuna Fish, Report No. 109, Second Series, 1936.
(2) Pacific Fisherman Yearbook, Vol. 52, No. 2, 1954.
(3) Calif. Dept. Fish and Game, Statistical Report of Fresh, Canned, Cured and Manufactured Fishery Products, Circular No. 29, 1955.

TABLE 2. Estimated landings of yellowfin and skipjack tuna by California baitboats and purse-seiners, 1931-1954 (in pounds).

TABLA 2. Desembarques de atún aleta amarilla y barrilete que se estima fueron hechos por los barcos de carnada y rederos de California, 1931-1954 (en libras).

	BAITBOATS			PURSE-SEINERS		
Year	Yellowfin	Skipjack	Total	Yellowfin	Skipjack	Total
	BARCOS DE CARNADA			BARCOS REDEROS		
Año	Atún aleta amarilla	Barrilete	Total	Atún aleta amarilla	Barrilete	Total
1931	32,720,459	5,872,304	38,592,763	2,340,632	3,975,227	6,315,859
1932	28,469,662	18,361,140	46,830,802	8,303,421	3,008,662	11,312,083
1933	48,133,080	13,576,143	61,709,223	2,323,583	3,074,319	5,397,902
1934	58,805,517	15,782,842	74,588,359	976,788	261,619	1,238,407
1935	69,408,328	14,659,325	84,067,653	2,067,168	532,971	2,600,139
1936	73,151,493	18,401,095	91,552,588	3,792,295	3,664,371	7,456,666
1937	83,208,118	39,179,828	122,387,946	8,217,023	6,502,401	14,719,424
1938	75,251,528	22,060,333	97,311,861	2,371,140	1,456,946	3,828,086
1939	92,619,066	22,175,864	114,794,930	16,866,195	5,822,712	22,688,907
1940	99,206,651	40,886,230	140,092,881	13,897,832	13,801,827	27,699,659
1941	71,596,830	20,405,000	92,001,830	4,836,652	1,757,452	6,594,104
1942	36,730,241	37,097,745	73,827,986	4,374,743	1,401,805	5,776,548
1943	42,491,433	27,670,616	70,162,049	6,605,930	1,443,331	8,049,261
1944	53,073,624	26,223,535	79,297,159	9,938,285	3,784,891	13,723,176
1945	67,154,163	27,827,917	94,980,080	19,425,567	5,146,290	24,571,857
1946	101,395,503	29,392,990	130,788,493	25,454,333	10,317,369	35,771,702
1947	123,132,455	43,728,777	166,861,232	25,372,104	7,976,174	33,348,278
1948	156,766,880	53,491,450	210,258,330	34,703,378	4,459,609	39,162,987
1949	157,634,484	71,454,144	229,088,628	24,296,568	4,427,972	28,724,540
1950	145,330,127	109,203,074	254,533,201	34,955,816	12,657,217	47,613,033
1951	144,400,850	100,569,220	244,970,070	14,545,055	12,765,487	27,310,542
1952	145,742,192	72,143,572	217,885,764	30,281,455	10,596,024	40,877,479
1953	96,827,961	112,021,319	208,849,280	35,539,686	11,399,263	46,938,949
1954	102,604,925	134,968,231	237,573,156	16,810,546	18,780,613	35,591,159

TABLE 3. Percentage of the total annual California landings of yellowfin and skipjack tuna by type of gear, 1931-1954.

TABLA 3. Porcentajes del total de los desembarques anuales en California, de atún aleta amarilla y barrilete, logrados por cada tipo de barcos, 1931-1954.

	BAITBOATS			PURSE-SEINERS		
Year	% Yellowfin	% Skipjack	% Total	% Yellowfin	% Skipjack	% Total
	BARCOS DE CARNADA			BARCOS REDEROS		
Año	% Atún aleta amarilla	% Barrilete	% Total	% Atún aleta amarilla	% Barrilete	% Total
1931	93.3	59.6	85.9	6.7	40.4	14.1
1932	77.4	85.9	80.5	22.6	14.1	19.5
1933	95.4	81.5	92.0	4.6	18.5	8.0
1934	98.4	98.4	98.4	1.6	1.6	1.6
1935	97.1	96.5	97.0	2.9	3.5	3.0
1936	95.1	83.4	92.5	4.9	16.6	7.5
1937	91.0	85.8	89.3	9.0	14.2	10.7
1938	96.9	93.8	96.2	3.1	6.2	3.8
1939	84.6	79.2	83.5	15.4	20.8	16.5
1940	87.7	74.8	83.5	12.3	25.2	16.5
1941	93.7	92.1	93.3	6.3	7.9	6.7
1942	89.4	96.4	92.7	10.6	3.6	7.3
1943	86.5	95.0	89.7	13.5	5.0	10.3
1944	84.2	87.4	85.2	15.8	12.6	14.8
1945	77.6	84.4	79.4	22.4	15.6	20.6
1946	79.9	74.0	78.5	20.1	26.0	21.5
1947	82.9	84.6	83.3	17.1	15.4	16.7
1948	81.9	92.3	84.3	18.1	7.7	15.7
1949	86.6	94.2	88.9	13.4	5.8	11.1
1950	80.6	89.6	84.2	19.4	10.4	15.8
1951	90.8	88.7	90.0	9.2	11.3	10.0
1952	82.8	87.2	84.2	17.2	12.8	15.8
1953	73.2	90.8	81.6	26.8	9.2	18.4
1954	85.9	87.8	87.0	14.1	12.2	13.0

TABLE 4. Number of California baitboats* by size category, based on capacity tonnage, 1932-1954.

TABLA 4. Número de barcos de carnada de California* por categorías de tamaño de acuerdo con el tonelaje, 1932-1954.

Year	0-50 tons cap.	51-100 tons cap.	101-200 tons cap.	201-300 tons cap.	301-400 tons cap.	Over 400 tons cap.	Total
Año	0-50 tons. cap.	51-100 tons. cap.	101-200 tons. cap.	201-300 tons. cap.	301-400 tons. cap.	Más de 400 tons. cap.	Total
1932	18	14	38	11	—	—	81
1933	16	10	33	11	—	—	70
1934	11	8	30	12	—	—	61
1935	19	6	31	15	1	—	72
1936	22	7	32	13	1	—	75
1937	26	11	35	13	4	—	89
1938	25	14	38	12	4	2	95
1939	22	18	36	15	4	2	97
1940	26	18	38	14	6	2	104
1941	26	19	33	15	6	2	101
1942	35	21	31	10	3	2	102
1943	26	26	25	3	—	—	80
1944	23	27	29	7	—	—	86
1945	30	35	37	13	3	1	119
1946	27	36	44	20	16	6	149
1947	23	38	53	37	19	6	176
1948	21	33	62	58	18	6	198
1949	19	28	64	67	20	7	205
1950	14	26	69	70	18	7	204
1951	15	25	77	78	20	10	225
1952	9	19	67	77	22	8	202
1953	7	17	57	74	23	12	190
1954	11	13	55	68	24	11	182

*Includes all baitboats which made at least one trip for yellowfin or skipjack from California ports.

*Incluye todos los barcos que usan carnada para la pesca de atún y que hicieron por lo menos un viaje desde puertos de California en la búsqueda de atún aleta amarilla o barrilete.

TABLE 5. Number of California tuna purse-seiners* by size category, based on capacity tonnage, 1931-1954.

TABLA 5. Número de barcos rederos de California* por categorías de tamaño de acuerdo con el tonelaje, 1931-1954.

Year	0-50 tons cap.	51-100 tons cap.	101-200 tons cap.	201-300 tons cap.	Over 300 tons cap.	Total
Año	0-50 tons. cap.	51-100 tons. cap.	101-200 tons. cap.	201-300 tons. cap.	Más de 300 tons. cap.	Total
1931	1	10	1	—	—	12
1932	5	22	1	—	—	28
1933	4	21	1	—	—	26
1934	—	7	2	—	—	9
1935	—	7	2	—	—	9
1936	—	18	2	—	—	20
1937	—	23	8	1	—	32
1938	—	6	1	—	—	7
1939	—	17	3	—	—	20
1940	3	50	21	1	—	75
1941	2	33	16	1	—	52
1942	1	15	5	—	—	21
1943	2	27	7	—	—	36
1944	2	23	9	—	—	34
1945	5	28	17	—	—	50
1946	3	37	27	—	—	67
1947	3	43	38	—	—	84
1948	—	41	45	2	1	89
1949	—	35	40	3	1	79
1950	1	28	35	3	—	67
1951	—	32	43	3	—	78
1952	—	23	39	2	—	64
1953	—	23	39	2	—	64
1954	—	19	49	1	—	69

*Includes all purse-seiners which made at least one trip for yellowfin or skipjack from California ports.

*Incluye todos los barcos que usan mallas de encierre para la pesca y que hicieron por lo menos un viaje desde puertos de California en la búsqueda de atún aleta amarilla o barrilete.

TABLE 6. Landings of yellowfin tuna by the California fleet by regions, 1931-1954.

TABLA 6. Desembarques de atún aleta amarilla efectuados por la flota de California, con indicación de las regiones de procedencia, 1931-1954.

Year / Año	A North of California-Mexico boundary Norte de la frontera California-Mexico	B Boundary to 22° N. De la frontera hasta los 22° N.	C 22° N. to 16° N. De los 22° N. a los 16° N.	D N. of 16° N. exact location not reported N. de los 16° N., exacta localización no informada	E Sum of A, B, C, and D: all landings reported from N. of 16° N. Suma de las zonas A, B, C, y D: todos los desembarques informados como del N. de los 16° N.	F 16° N. to 7°30' N. De los 16° N. a los 7°30' N.	G N. of 7°30' N. exact location not reported N. de los 7°30' N., exacta localización no informada	H Sum of E, F, and G: all landings reported from N. of 7°30' N. Suma de las zonas E, F, y G: todos los desembarques informados como del N. de los 7°30' N.	I S. of 7°30' N. except Galapagos Islands S. de los 7°30' N., excepto las Islas Galápagos	J Galapagos Islands Islas Galápagos	K Area of capture not reported Area de captura no informada	Total landings Desembarques totales	Percent total unreported by area of capture Porcentaje del total no informado por área de captura
1931	....	....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	35,145,760	35,145,760	100
1932	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	36,804,301	36,804,301	100
1933	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	49,622,173	50,481,128	98
1934	.....	1,556,542	739,718	.....	2,296,260	6,844,866	1,480,203	10,621,329	.....	858,955	.....	47,922,747	59,822,423	80
1935	.....	5,903,583	739,280	.....	6,642,863	5,594,093	586,140	12,823,096	.....	1,278,347	.....	56,876,614	71,570,024	79
1936	222,531	7,112,547	1,716,359	.....	9,051,437	6,944,539	1,220,223	17,216,199	.....	1,870,314	.....	56,700,828	76,977,359	74
1937	66,100	16,610,872	.....	.....	16,676,972	6,107,829	5,678,357	28,463,158	.....	3,060,332	.....	58,868,785	91,425,141	64
1938	605	9,498,187	881,616	16,619,350	26,999,758	10,666,179	3,138,416	40,804,353	.....	4,093,198	.....	33,277,946	77,622,668	43
1939	109,167	29,197,491	33,985	7,669,685	37,010,328	6,279,951	5,322,994	48,613,273	4,643	3,540,369	.....	59,762,469	109,655,529	54
1940	105,418	22,069,752	.....	16,142,990	38,318,160	4,329,430	1,547,249	44,194,839	.....	1,279,787	.....	63,887,543	113,217,563	56
1941	40,214	9,404,737	.....	8,726,162	18,171,113	.....	462,554	18,633,667	.....	5,130,538	.....	53,931,946	76,500,110	70
1942	290	22,039,407	.....	4,882,599	26,922,296	1,928,804	4,638,088	33,489,188	.....	3,934,497	.....	41,105,034	41,105,034	18
1943	245	15,344,384	.....	.....	15,344,629	1,262,008	9,435,462	26,042,099	.....	52,209	.....	7,563,637	148,529,865	65
1944	161,892	17,883,005	.....	.....	18,044,897	.....	5,479,484	23,524,331	.....	.....	.....	23,056,134	49,098,233	48
1945	804,657	29,115,627	.....	.....	29,920,284	.....	2,765,943	32,686,227	.....	682,425	.....	39,573,038	63,097,419	63
1946	157,226	39,659,157	392,005	.....	40,208,388	597,893	2,561,108	42,769,496	.....	5,344,826	.....	53,217,067	86,585,719	61
1947	1,112,549	39,285,287	206,499	428,004	41,032,339	761,632	4,174,598	45,804,830	.....	6,603,408	.....	78,768,234	126,882,556	62
1948	204,977	8,183,687	6,519,975	25,588,439	40,497,078	32,224,513	3,504,694	44,763,404	3,192,749	14,048,410	.....	96,121,627	148,529,865	65
1949	24,188	8,123,322	17,218,896	7,631,696	32,998,096	71,546,620	12,041,305	77,263,914	8,519,585	23,590,209	132,747,270	6,603,408	96,121,627	69
1950	75	36,993,084	33,629,278	1,935,213	72,557,650	57,454,948	973,252	145,077,532	45,838,081	23,398,324	78,007,392	14,048,410	132,747,270	43
1951	264,800	16,096,762	17,893,179	624,791	34,879,532	39,019,006	322,038	92,656,568	70,373,295	18,301,874	182,054,264	3,434,493	180,429,934	2
1952	.....	47,483,154	11,198,210	.....	58,681,364	33,772,810	350,917	98,051,287	6,452,407	6,452,407	2,307,252	159,103,775	159,103,775	1
1953	96,740	52,905,095	12,702,706	.....	65,704,541	29,485,926	.....	99,477,351	24,488,564	7,994,252	1,099,468	175,976,457	175,976,457	<1
1954	.....	25,632,733	10,454,907	.....	36,087,640	.....	.....	65,573,566	42,923,447	10,516,804	413,439	132,373,606	132,373,606	<1
											432,299	119,446,816	119,446,816	<1

TABLE 7. Landings of skipjack tuna by the California fleet by regions, 1931-1954.

TABLA 7. Desembarques de barrilete efectuados por la flota de California, 1931-1954.

Year	A North of California-Mexico boundary	B Boundary to 22° N.	C 22° N. to 16° N.	D N. of 16° N. exact location not reported	E Sum of A, B, C, and D: all landings reported from N. of 16° N.	F 16° N. to 7°30′ N.	G N. of 7°30′ N. exact location not reported	H Sum of E, F, and G: all landings reported from N. of 7°30′N.	I S. of 7°30′ N. except Galapagos Islands	J Galapagos Islands	K Area of capture not reported	Total landings	Percent total unreported by area of capture
Año	A Norte de la frontera California-México	B De la frontera hasta los 22° N.	C De los 22° N. a los 16° N.	D N. de los 16° N., exacta localización no informada	E Suma de las zonas A, B, C, y D: todos los desembarques informados como del N. de los 16° N.	F De los 16° N. a los 7°30′N.	G N. de los 7° 30′N., exacta localización no informada	H Suma de las zonas E, F, y G: todos los desembarques informados como del N. de los 7°30′N.	I S. de los 7°30′ N., excepto las Islas Galápagos	J Islas Galápagos	K Area de captura no informada	Desembarques totales	Porcentaje del total no informado por área de captura
1931	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	... ..	.....	.....	14,946,913	14,946,913	100
1932	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	21,398,966	21,398,966	100
1933	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	50,423	16,623,048	16,673,471	99
1934	.....	2,474,585	214.585	.....	2,689,150	662,041	40,925	3,392,116	.....	.....	12,654,747	16,046,863	79
1935	.....	3,188,935	117,811	.....	3,306,746	279,060	27,085	3,612,891	.....	.....	11,720,003	15,332,894	76
1936	1,316,822	7,063,378	110,672	.....	8,490,872	358,039	9,318	8,858,229	.....	37,851	15,366,613	24,262,693	63
1937	6,258	25,059,043	.....	.....	25,065,301	329,331	46,746	25,441,378	.....	6,951	20,308,103	45,756,432	44
1938	.....	6,075,273	379,587	9,949,145	16,404,005	536,438	762,468	17,702,911	.....	.....	5,814,368	23,517,279	25
1939	848,324	14,090,868	205,865	4,587,045	19,732,102	176,441	590,513	20,499,056	.. .	....	7,886,394	28,385,450	28
1940	1,202,866	31,936,025	.....	9,142,818	42,281,709	616,768	288,985	43,187,462	.....	97,558	12,413,070	55,698,090	22
1941	2,629,180	9,232,966	.....	4,971,834	16,833,980	... ..	251,436	17,085,416	.....	125,663	7,099,035	24,310,114	29
1942	31,049	31,641,947	.. ...	1,835,344	33,508,340	456,748	2,931,936	36,897,024	.....	2,941	1,617,132	38,517,097	4
1943	1,660	7,636,650	.....	124,038	7,762,348	347,477	3,026,159	11,135,984	.....	.....	17,980,668	29,116,652	62
1944	121,241	7,649,923	.....	.....	7,771,164	.....	726,306	8,497,470	.....	.....	21,537,538	30,035,008	72
1945	976,139	8,318,311	.....	.....	9,294,450	.....	197,817	9,492,267	.....	.....	23,555,037	33,047,304	71
1946	914,154	14,591,267	14,497	.....	15,519,918	.. ..	177,606	15,697,524	.....	649,136	23,961,614	40,308,274	59
1947	712,361	13,025,665	8,623	146,006	13,892,655	112,864	243,308	14,248,827	.....	638,140	37,372,598	52,259,565	72
1948	155,663	10,396,024	303,649	6,857,785	17,713,121	93,890	4,519,695	22,326,706	.....	1,463,975	34,271,756	58,062,437	59
1949	46,706	11,594,393	5,414,078	3,757,038	20,813,215	11,382,966	6,402,094	38,597,275	996,898	10,393,243	26,944,937	76,932,353	35
1950	21,780	38,642,361	9,755,306	900,250	49,319,697	41,006,722	242,973	90,569,392	5,837,452	23,841,989	2,749,593	122,998,426	2
1951	356,192	29,862,120	3,405,295	196,986	33,820,592	39,477,266	329,120	73,626,979	9,663,629	29,558,137	1,375,857	114,224,602	1
1952	.....	36,564,650	2,510,401	.....	39,075,051	5,151,239	278,518	44,504,808	25,036,839	12,886,798	361,927	82,790,372	< 1
1953	122,698	39,316,731	5,035,289	.....	44,474,718	10,647,081	.....	55,121,799	50,802,429	17,025,271	475 755	123,425,254	< 1
1954	21,397	28,194,098	7.036,951	.....	35,252,446	42,707,547	. ..	77,959,993	59,994,619	15,432,245	379,285	153,766,142	< 1

TABLE 8. Landings of yellowfin and skipjack tuna combined by the California fleet by regions, 1931-1954.
TABLA 8. Desembarques combinados de atún aleta amarilla y barrilete efectuados por la flota de California, con indicación de las regiones de procedencia, 1931-1954.

Year	A North of California-Mexico boundary	B Boundary to 22° N.	C 22° N. to 16° N.	D N. of 16° N. exact location not reported	E Sum of A, B, C, and D: all landings reported from N. of 16° N.	F 16° N. to 7°30′ N.	G N. of 7°30′ N. exact location not reported	H Sum of E, F, and G: all landings reported from N. of 7°30′N.	I S. of 7°30′ N. except Galapagos Islands	J Galapagos Islands	K Area of capture not reported	Total landings	Percent total unreported by area of capture
Año	A Norte de la frontera California-México	B De la frontera hasta los 22° N.	C De los 22°N. a los 16° N.	D N. de los 16° N., exacta localización no informada	E Suma de las zonas A, B, C, y D: todos los desembarques informados como del N. de los 16° N.	F De los 16° N. a los 7°30′N.	G N. de los 7° 30′N., exacta localización no informada	H Suma de las zonas E, F, y G: todos los desembarques informados como del N. de los 7°30′N.	I S. de los 7°30′ N., excepto las Islas Galápagos	J Islas Galápagos	K Area de captura no informada	Desembarques totales	Porcentaje del total no informado por área de captura
1931	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	50,092,673	50,092,673	100
1932	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	58,203,267	58,203,267	100
1933	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	66,245,221	67,154,599	98
1934	.....	4,031,127	954,283	.....	4,985,410	7,506,907	1,521,128	14,013,445	.....	1,278,347	60,577,494	75,869,286	80
1935	....	9,092,518	857,091	.....	9,949,609	5,873,153	613,225	16,435,987	.....	1,870,314	68,596,617	86,902,918	79
1936	1,539,353	14,175,925	1,827,031	.....	17,542,309	7,302,578	1,229,541	26,074,428	.....	3,098,183	72,067,441	101,240,052	71
1937	72,358	41,669,915	.....	.....	41,742,273	6,437,160	5,725,103	53,904,536	.....	4,100,149	79,176,888	137,181,573	45
1938	605	15,573,460	1,261,203	26,568,495	43,403,763	11,202,617	3,900,884	58,507,264	.....	3,540,369	39,092,314	101,139,947	39
1939	957,491	43,288,359	239,850	12,256,730	56,742,430	6,456,392	5,913,507	69,112,329	.....	1,279,787	67,648,863	138,040,979	49
1940	1,308,284	54,005,777	.....	25,285,808	80,599,869	4,946,198	1,836,234	87,382,301	4,643	5,228,096	76,300,613	168,915,653	45
1941	2,669,394	18,637,703	.....	13,697,996	35,005,093	.....	713,990	35,719,083	.....	4,060,160	61,030,981	100,810,224	57
1942	31,339	53,681,354	.....	6,717,943	60,430,636	2,385,552	7,570,024	70,386,212	.....	55,150	9,180,769	79,622,131	12
1943	1,905	22,981,034	.....	124,038	23,106,977	1,609,485	12,461,621	37,178,083	.....	.....	41,036,802	78,214,885	52
1944	283,133	25,532,928	.....	.....	25,816,061	.....	6,205,790	32,021,851	.....	.....	61,110,576	93,132,427	66
1945	1,780,796	37,433,938	.....	.....	39,214,734	.....	2,963,760	42,178,494	.....	682,425	76,772,104	119,633,023	64
1946	1,071,380	54,250,424	406,502	.....	55,728,306	.....	2,738,714	58,467,020	.....	5,993,962	102,729,848	167,190,830	61
1947	1,824,910	52,310,952	215,122	574,010	54,924,994	710,757	4,417,906	60,053,657	.....	7,241,548	133,494,225	200,789,430	66
1948	360,640	18,579,711	6,823,624	32,446,224	58,210,199	855,522	8,024,389	67,090,110	.....	15,512,385	167,019,026	249,621,521	67
1949	70,894	19,717,715	22,632,968	11,388,734	53,810,311	43,607,479	18,443,399	115,861,189	4,189,647	33,983,452	104,952,329	258,986,617	40
1950	21,855	75,635,445	43,384,584	2,835,463	121,877,347	112,553,352	1,216,225	235,646,924	14,357,037	47,240,313	6,184,086	303,428,360	2
1951	620,992	45,958,882	21,298,474	821,777	68,700,125	96,872,214	651,208	166,223,547	55,501,710	47,860,011	3,683,109	273,268,377	1
1952	.....	84,047,804	13,708,611	.....	97,756,415	44,170,245	629,435	142,556,095	95,410,134	19,339,205	1,461,395	258,766,829	<1
1953	219,438	92,221,826	17,737,995	.....	110,179,259	44,419,891	.....	154,599,150	75,290,993	25,019,523	889,194	255,798,860	<1
1954	21,397	53,826,831	17,491,858	.....	71,340,086	72,193,473	.....	143,533,559	102,918,066	25,949,049	812,284	273,212,958	<1

TABLE 9. Estimated quantities of yellowfin and skipjack tuna captured in region north of 16° N. and in region north of 22° N. by California fleet*.

TABLA 9. Cantidades de atún aleta amarilla y barrilete que se estima fueron capturadas por la flota de California* en la región al norte de los 16° N. y en la región al norte de los 22° N.

Year	YELLOWFIN Factor	YELLOWFIN North of 22° N.	YELLOWFIN North of 16° N.	SKIPJACK Factor	SKIPJACK North of 22° N.	SKIPJACK North of 16° N.	TOTAL North of 22° N.	TOTAL North of 16° N.
Año	ATUN ALETA AMARILLA Factor	ATUN ALETA AMARILLA N. de los 22° N.	ATUN ALETA AMARILLA N. de los 16° N.	BARRILETE Factor	BARRILETE N. de los 22° N.	BARRILETE N. de los 16° N.	TOTAL N. de los 22° N.	TOTAL N. de los 16° N.
1934	5.027	7,822	11,542	4.731	11,709	12,722	19,531	24,264
1935	4.871	29,758	32,358	4.244	13,534	14,035	42,292	46,393
1936	3.796	26,997	34,358	2.727	22,855	23,155	49,852	57,513
1937	2.808	46,644	46,829	1.798	45,067	45,067	91,711	91,896
1938	1.750	16,621	47,250	1.328	8,068	21,784	24,689	69,034
1939	2.198	64,175	81,348	1.385	20,689	27,329	84,864	108,677
1940	2.295	50,651	87,940	1.287	42,649	54,417	93,300	142,357
1941	3.390	31,880	61,600	1.412	16,748	23,770	48,628	85,370
1942	1.225	26,998	32,979	1.044	33,067	34,982	60,065	67,961
1943	1.885	28,925	28,925	2.615	19,973	20,298	48,898	49,223
1944	2.682	48,397	48,397	3.535	27,470	27,470	75,867	75,867
1945	2.595	77,645	77,645	3.482	32,362	32,362	110,007	110,007
1946	2.637	104,994	106,028	2.466	38,235	38,272	143,229	144,300
1947	2.834	114,488	116,285	3.510	48,220	48,764	162,708	165,049
1948	3.257	27,320	131,898	2.441	25,757	43,237	53,077	175,135
1949	1.750	14,257	57,747	1.539	17,915	32,030	32,172	89,777
1950	1.019	37,696	73,937	1.023	39,553	50,454	77,249	124,391
1951	1.015	16,606	35,403	1.012	30,220	34,226	46,826	69,269
1952	1.006	47,768	59,033	1.004	36,711	39,231	84,479	98,264
1953	1.003	53,064	65,902	1.004	39,474	44,653	92,538	110,555
1954	1.004	25,735	36,232	1.002	28,250	35,323	53,985	71,555

*Assumes catches of each species for which origins not reported were distributed in same manner as the catches for which origins were reported.

*Las pescas de cada especie cuyo origen no estaba registrado han sido distribuídas de la misma manera que las pescas cuyo origen sí se conoce.

TABLE 10. Total catch of yellowfin and skipjack tuna from the Eastern Pacific Ocean, 1918-1954, in millions of pounds*.

TABLA 10. Pesca total de atún aleta amarilla y barrilete del Océano Pacífico Oriental, 1918-1954, en millones de libras*.

Year / Año	Yellowfin / Atún aleta amarilla	Skipjack / Barrilete	Not identified by species / No identificada por especies	Total / Total
1918	.....	3.0	....	3.0
1919	0.3	6.9	....	7.2
1920	2.0	7.9	....	9.9
1921	1.3	1.1	....	2.4
1922	7.4	11.9	....	19.3
1923	10.8	11.5	....	22.3
1924	3.0	3.8	....	6.8
1925	13.2	14.2	....	27.4
1926	12.6	20.9	....	33.5
1927	25.9	33.8	....	59.7
1928	32.3	15.9	....	48.2
1929	37.4	27.0	....	64.4
1930	56.6	20.5	....	77.1
1931	36.6	16.5	....	53.1
1932	36.9	21.6	....	58.5
1933	51.1	16.7	....	67.8
1934	60.9	14.8	....	75.7
1935	72.3	17.2	....	89.5
1936	78.4	27.0	....	105.4
1937	91.5	47.1	....	138.6
1938	78.3	22.6	....	100.9
1939	110.4	30.1	....	140.5
1940	114.6	57.6	....	172.2
1941	76.8	25.8	....	102.6
1942	42.0	39.0	....	81.0
1943	50.1	29.4	....	79.5
1944	64.1	31.2	1.1	96.4
1945	89.2	34.0	....	123.2
1946	129.7	42.5	....	172.2
1947	160.1	53.5	....	213.6
1948	200.3	61.5	7.3	269.1
1949	192.5	81.0	9.2	282.7
1950	224.8	129.3	....	354.1
1951	183.7	121.1	3.7	308.5
1952	192.2	90.8	4.5	287.5
1953	138.9	133.7	1.6	274.2
1954	138.6	173.7	1.5	313.8

*Includes: (1) All yellowfin tuna and skipjack received fresh or frozen in the United States from the Eastern Pacific Ocean.
(2) Yellowfin tuna and skipjack utilized in Peru (not exported fresh or frozen to U.S.), 1947-1954.
(3) Yellowfin tuna and skipjack utilized in Costa Rica, 1944-1954.
(4) Yellowfin tuna and skipjack canned in Mexico, 1940-1954.

*Incluye: (1) Todo el atún aleta amarilla y barrilete recibido fresco o congelado en los Estados Unidos, procedente del Océano Pacífico Oriental.
(2) Atún aleta amarilla y barrilete utilizado en el Perú (que no ha sido exportado fresco o congelado a los Estados Unidos) 1947-1954.
(3) Atún aleta amarilla y barrilete utilizado en Costa Rica, 1944-1954.
(4) Atún aleta amarilla y barrilete enlatado en México, 1940-1954.

TABLE 11. Statistics of linear regressions of capacity, net, and gross tonnages of California baitboats.

TABLA 11. Estadística de las regresiones lineares de capacidad y tonelajes neto y bruto de los barcos de carnada de California.

Independent variable X	Dependent variable Y	N	$\bar{x}$	$\bar{y}$	Sx^2	Sxy	Sy^2	b	s	Variable independiente X	Variable dependiente Y
Net tonnage	**Capacity tonnage**									**Tonelaje neto**	**Capacidad en toneladas**
Boats built before 1942		47	110.17	163.40	143,193	223,318	374,856	1.56	24.29	Barcos construídos antes de 1942	
Boats built after 1942		113	161.09	248.18	329,394	463,111	765,171	1.41	32.05	Barcos construídos después de 1942	
All boats		160	146.13	223.28	558,646	829,708	1,378,571	1.49	30.43	Todos los barcos	
Gross tonnage	**Capacity tonnage**									**Tonelaje bruto**	**Capacidad en toneladas**
Boats built before 1942		47	220.09	163.40	595,134	460,987	374,856	0.77	19.45	Barcos construídos antes de 1942	
Boats built after 1942		113	329.72	248.18	1,221,762	900,221	765,171	0.74	30.29	Barcos construídos después de 1942	
All boats		160	297.51	223.28	2,215,920	1,669,728	1,378,571	0.75	27.59	Todos los barcos	

N = Number in sample.
$\bar{x}$, $\bar{y}$ = Means of x and y.
Sx^2 = Sum of deviations from $\bar{x}$ squared.
Sxy = Sum of cross-products of deviations from $\bar{x}$ and $\bar{y}$.
Sy^2 = Sum of deviations from $\bar{y}$ squared.
b = Regression coefficient of Y on X.
s = Standard deviations from regressions (standard error of estimate).

N = Número de barcos en la muestra.
$\bar{x}$, $\bar{y}$ = Medias de x e y.
Sx^2 = Suma de las desviaciones de $\bar{x}$ al cuadrado.
Sxy = Suma de los productos de las desviaciones respecto de $\bar{x}$ e $\bar{y}$.
Sy^2 = Suma de las desviaciones de $\bar{y}$ al cuadrado.
b = Coeficiente de regresión sobre X.
s = Desviaciones standard de las regresiones (error standard del estimado).

TABLE 12. Comparison of net and gross tonnages of California baitboats built before 1942 and baitboats built after 1942, covariance analysis, linear regressions.

TABLA 12. Comparación de los tonelajes neto y bruto de los barcos de carnada de California construídos antes de 1942 y los construídos después de este año, análisis de covarianza, regresiones lineares.

Source of variation	Degrees of freedom Grados de libertad	Sum of squares Suma de cuadrados	Mean square Cuadrado medio	Variance ratios Razón entre varianzas (F)	Causa de variación
Net tonnage					**Tonelaje neto**
Deviations from total regression	158	146,278	------	----	Desviaciones de la regresión total
Deviations from regressions within groups	157	142,994	911	----	Desviaciones de las regresiones dentro de grupos
Deviations from individual regressions	156	140,639	902	----	Desviaciones de las regresiones individuales
Differences between regression coefficients	1	2,355	2,355	2.61	Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences between adjusted means	1	3,284	3,284	3.60	Diferencias entre los promedios ajustados
Gross tonnage					**Tonelaje bruto**
Deviations from total regression	158	120,407	------	----	Desviaciones de la regresión total
Deviations from regressions within groups	157	120,218	766	----	Desviaciones de las regresiones dentro de grupos
Deviations from individual regressions	156	119,646	767	----	Desviaciones de las regresiones individuales
Differences between regression coefficients	1	572	572	0.75	Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences between adjusted means	1	189	189	0.25	Diferencias entre los promedios ajustados

TABLE 13. Catch per day's absence of yellowfin and skipjack tuna by California baitboats, 1934-1954.

TABLA 13. Pesca de atún aleta amarilla y barrilete por día de ausencia efectuada por barcos de carnada de California, 1934-1954.

Year	CLASS 1 (0-50 tons cap.)			CLASS 2 (51-100 tons cap.)			CLASS 3 (101-200 tons cap.)			CLASS 4 (201-300 tons cap.)			CLASS 5 (301-400 tons cap.)			CLASS 6 (over 400 tons cap.)		
	No. of trips	Yellow-fin (pounds)	Skip-jack (pounds)	No. of trips	Yellow-fin (pounds)	Skip-jack (pounds)	No. of trips	Yellow-fin (pounds)	Skip-jack (pounds)	No. of trips	Yellow-fin (pounds)	Skip-jack (pounds)	No. of trips	Yellow-fin (pounds)	Skip-jack (pounds)	No. of trips	Yellow-fin (pounds)	Skip-jack (pounds)
Año	CLASE 1 (0-50 tons. cap.)			CLASE 2 (51-100 tons. cap.)			CLASE 3 (101-200 tons. cap.)			CLASE 4 (201-300 tons. cap.)			CLASE 5 (301-400 tons. cap.)			CLASE 6 (Más de 400 tons. cap.)		
	No. de viajes	Atún aleta amarilla (libras)	Barri-lete (libras)	No. de viajes	Atún aleta amarilla (libras)	Barri-lete (libras)	No. de viajes	Atún aleta amarilla (libras)	Barri-lete (libras)	No. de viajes	Atún aleta amarilla (libras)	Barri-lete (libras)	No. de viajes	Atún aleta amarilla (libras)	Barri-lete (libras)	No. de viajes	Atún aleta amarilla (libras)	Barri-lete (libras)
1934	25	1,675	631	39	2,842	1,693	184	4,430	1,124	76	6,080	925	....	....	....	....	....	....
1935	36	1,411	997	30	2,884	2,221	165	4,902	870	77	6,342	778	3	13,072	46	....	....	..
1936	55	983	1,787	37	2,009	2,551	187	4,562	1,080	79	7,479	440	5	11,010	64	....	....	..
1937	88	904	1,551	82	2,270	2,729	239	4,307	2,707	82	7,530	1,406	17	10,180	816	....	....	...
1938	39	1,238	855	67	2,818	1,734	163	3,966	1,621	64	7,558	1,226	17	11,985	751	1	15,685	1,670
1939	81	994	736	112	2,355	1,694	184	3,353	1,364	69	6,895	535	24	10,088	127	10	14,326	141
1940	105	1,050	1,553	129	2,514	2,409	213	3,479	2,589	68	6,778	998	26	10,532	104	8	12,427	34
1941	50	1,060	817	94	1,577	1,375	148	2,538	1,152	61	5,222	678	29	7,841	193	5	8,687	172
1942	92	1,085	1,806	157	2,301	3,012	130	3,246	3,213	7	4,958	2,563	3	4,886	683	1	6,936	848
1943	58	1,107	1,093	140	2,406	2,044	115	4,198	2,686	8	6,776	4,459	.	...	...	...	....	....
1944	70	1,342	976	205	2,658	2,098	142	4,973	1,809	21	6,751	2,254	....	....	....	....	....	....
1945	70	745	912	185	1,796	1,726	204	4,379	1,906	48	7,450	554	5	11,384	22	1	15,326	0
1946	46	736	603	179	1,435	1,137	229	3,544	1,387	72	5,933	942	33	8,563	890	15	8,574	879
1947	55	163	1,412	175	1,943	2,603	266	3,135	1,254	124	4,240	785	59	6,639	780	18	7,360	605
1948	34	397	679	143	986	1,219	298	2,898	1,597	201	4,891	1,183	70	7,089	961	17	6,575	959
1949	31	433	1,321	104	1,213	1,496	272	3,006	1,993	207	4,987	1,821	57	6,714	2,178	20	7,623	2,418
1950	42	442	1,166	121	1,016	1,474	341	2,762	2,556	254	4,095	2,843	65	5,219	3,001	22	6,594	4,085
1951	37	484	904	89	1,038	1,778	232	3,096	2,427	209	4,976	2,952	51	7,160	3,718	20	7,291	3,300
1952	34	584	949	98	1,366	1,234	289	2,722	1,534	238	3,388	1,480	56	3,958	1,970	20	3,677	2,859
1953	20	680	1,100	75	1,092	1,205	256	1,845	1,787	236	2,203	2,334	67	2,326	3,483	27	2,038	3,505
1954	36	509	1 064	61	1,064	1,368	229	2,383	2,607	228	2,726	3,581	79	3,081	5,008	30	3,291	5,693

TABLE 14. Values of adjustment factors used to standardize the catch per day's absence of yellowfin and skipjack tuna.

TABLA 14. Valores de los factores de corrección empleados para regular la pesca de atún aleta amarilla y barrilete por día de ausencia.

	YELLOWFIN	SKIPJACK	
Size class	1934-1953	1934-1941	1942-1953
	ATUN ALETA AMARILLA	BARRILETE	
Clase de tamaño	1934-1953	1934-1941	1942-1953
1	.14	.72	.53
2	.31	1.38	.84
3	.64	1.00	1.00
4	1.00	....	.78
5	1.28	....	....
6	1.27	....	....

TABLE 15. Catch per day's absence of yellowfin and skipjack tuna from 1934 to 1954, standardized by means of adjustment factors.

TABLA 15. Pesca de atún aleta amarilla y barrilete por día de ausencia, de 1934 a 1954, regulada por factores de corrección.

Year	YELLOWFIN[1] Adjusted to Class 4 (in pounds)	SKIPJACK[2] Adjusted to Class 3 (in pounds)
	ATUN ALETA AMARILLA[1]	BARRILETE[2]
Año	Regulados a la Clase 4 (en libras)	Regulados a la Clase 3 (en libras)
1934	6,763	1,127
1935	7,271	992
1936	7,327	1,274
1937	7,170	2,492
1938	7,302	1,494
1939	6,697	1,279
1940	6,769	2,266
1941	5,067	1,096
1942	5,742	3,370
1943	7,001	2,609
1944	7,938	2,159
1945	6,894	1,786
1946	5,856	1,332
1947	4,572	1,469
1948	4,847	1,539
1949	4,988	2,116
1950	4,181	2,870
1951	4,955	2,939
1952	3,558	1,697
1953	2,257	2,340
1954	2,856	3,459

[1] Based on data for all size classes (1-6).
[2] Based on data for size classes 1-3 from 1934-1941, and on data for size classes 1-4 in 1942 and subsequently.

[1] Basados en los datos de todas las clases de tamaño (1-6).
[2] Basados en los datos correspondientes a las clases de tamaño 1-3, de 1934 a 1941, y en las clases de tamaño 1-4 en 1942 y años siguientes.

TABLE 16. Catch per day's fishing of yellowfin and skipjack tuna by California baitboats, 1934-1954.

TABLA 16. Pesca de atún aleta amarilla y barrilete por día de actividad, efectuada por barcos de carnada de California, 1934-1954.

Year	CLASS 1 (0-50 tons cap.) No. of trips	Yellow-fin (pounds)	Skip-jack (pounds)	CLASS 2 (51-100 tons cap.) No. of trips	Yellow-fin (pounds)	Skip-jack (pounds)	CLASS 3 (101-200 tons cap.) No. of trips	Yellow-fin (pounds)	Skip-jack (pounds)	CLASS 4 (201-300 tons cap.) No. of trips	Yellow-fin (pounds)	Skip-jack (pounds)	CLASS 5 (301-400 tons cap.) No. of trips	Yellow-fin (pounds)	Skip-jack (pounds)	CLASS 6 (over 400 tons cap.) No. of trips	Yellow-fin (pounds)	Skip-jack (pounds)
Año	CLASE 1 (0-50 tons. cap.) No. de viajes	Atún aleta amarilla (libras)	Barri-lete	CLASE 2 (51-100 tons. cap.) No. de viajes	Atún aleta amarilla (libras)	Barri-lete	CLASE 3 (101-200 tons. cap.) No. de viajes	Atún aleta amarilla (libras)	Barri-lete	CLASE 4 (201-300 tons. cap.) No. de viajes	Atún aleta amarilla (libras)	Barri-lete	CLASE 5 (301-400 tons. cap.) No. de viajes	Atún aleta amarilla (libras)	Barri-lete	CLASE 6 (Más de 400 tons. cap.) No. de viajes	Atún aleta amarilla (libras)	Barri-lete
1934	....	....	....	....	....	....	6	12,714	1,664	4	10,524	856	.	.	.	.	.	.
1935	....	....	....	....	....	....	6	13,917	3,250	8	14 540	2,146	....	....	....			
1936	....	....	....	....	....	....	5	17,285	2,189	19	17 031	1,806	6	29,930	0			
1937	....	....	....	....	....	....	3	16,959	3,132	19	17,116	3,811	5	27,810	183	.	.	.
1938	....	....	....	2	4,104	4,450	1	12,584	0	14	14 128	3,466	4	21,382	235	.	.	.
1939	2	1,202	2,542	10	4,098	3,397	1	23,609	803	24	17,445	924	4	29,534	172	.		
1940	4	2,388	3,711	10	4,579	3,438	....	....	....	21	13,503	4,342	4	23 532	1,585			
1941	7	3,522	1,184	6	2,692	2,921	3	2,328	1,575	18	12,238	1,898	10	19,453	936			
1942	19	2,324	4,174	33	4,269	6,852	15	6,228	7,630	1	6,734	146	1	2,969	28		.	.
1943	19	2,571	2,499	20	4,789	3,673	26	8,135	5,132		. .	. .		.	.			..
1944	13	2,764	2,005	37	4,651	4,306	21	9,495	4,157	....	....	....	....	....	....		. .	.
1945	4	1,541	1,783	37	3,021	3,900	46	10,717	5,069	7	18,858	646	1	25,706	0	....	....	..
1946	7	866	2,881	40	3,799	1,906	58	7,744	4,274	9	12,020	3,932	14	17,880	1,670	6	18,284	1,439
1947	11	109	4,545	54	1,565	3,796	84	6,332	3,223	33	8,074	3,814	37	12,987	1,415	2	11,394	7
1948	9	1,021	1,887	59	2,516	2,255	128	5,831	3,246	100	10,539	2,389	38	12,878	1,731	3	7,606	295
1949	6	1,135	2,449	41	2,356	2,706	114	6,002	4,555	114	11,081	3,711	31	13,717	3,744	3	15,203	2,313
1950	16	1,218	2,067	63	2,052	2,855	181	5,324	5,290	126	8,882	5,828	37	10,036	5,544	....	....	.
1951	27	999	2,180	96	2,151	3,529	192	6,558	4,918	168	11 164	5,824	43	17,837	8,448	13	23,244	8,774
1952	14	1,147	1 588	89	2,926	2,645	259	4,898	2,872	212	6,481	2,720	40	7,053	3,749	20	5,646	5,327
1953	17	1,406	2,246	70	2,098	2,272	234	3,236	3,194	203	4,050	4,463	53	4,582	6 763	16	4,270	6,173
1954	24	991	2,176	54	1,899	2,355	208	4,445	4,849	222	5,925	7,687	68	6,455	10,440	24	7,015	11,646

TABLE 17. Values of yearly efficiency factors used to standardize the catch per day's fishing of yellowfin and skipjack tuna.

TABLA 17. Valores de los factores anuales de eficiencia, usados para regular la pesca de atún aleta amarilla y barrilete por día de actividad.

Year	YELLOWFIN (To Class 4) Size Class						SKIPJACK (To Class 3) Size Class			
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
Año	**ATUN ALETA AMARILLA Regulados a la Clase 4 Clases de tamaño**						**BARRILETE Regulados a la Clase 3 Clases de tamaño**			
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
1947	.45	.54	.82	1.00	1.17	1.08	.55	.66	1.00	1.22
1948	.29	.59	.91	1.00	1.16	.80	.32	.65	1.00	1.10
1949	.52	.54	.97	1.00	1.30	.96	.54	.56	1.00	1.03
1950	.26	.43	.98	1.00	1.10	....[1]	.27	.44	1.00	1.02
1951	.36	.62	.89	1.00	1.17	.90	.40	.70	1.00	1.12
1952	.41	.72	.87	1.00	1.06	.89	.47	.83	1.00	1.15
1953	.62	.51	.83	1.00	1.44	1.19	.75	.61	1.00	1.20
1954	.37	.54	.92	1.00	1.09	1.02	.40	.59	1.00	1.09
Arithmetic mean values (1947-1953) Valores de la media aritmética (1947-1953)	.42	.56	.90	1.00	1.20	.97	.47	.63	1.00	1.12

[1] No estimate available. Used average value for 1947-1953 in standardizing effort for this size class.

[1] No se dispone de estimado. Se ha usado el valor promedio para el período 1947-1953, al regular el esfuerzo correspondiente a esta clase de tamaño.

TABLE 18. Catch per standard day's fishing of yellowfin and skipjack tuna derived from logbook and day's absence data, 1934-1954.

TABLA 18. Pesca de atún aleta amarilla y barrilete por día de actividad según los datos de los registros de bitácora y los referentes a la pesca por día de ausencia, 1934-1954.

Year	YELLOWFIN		SKIPJACK	
	from logbooks	from day's abs.	from logbooks	from day's abs.
	(pounds per class 4 day)		(pounds per class 3 day)	
	ATUN ALETA AMARILLA		BARRILETE	
Año	Datos de los registros de bitácora	Datos de la pesca por día de ausencia	Datos de los registros de bitácora	Datos de la pesca por día de ausencia
	(libras por día/Clase 4)		(libras por día/Clase 3)	
1934	12,263	10,361	1,664	2,497
1935	14,906	11,484	3,250	2,242
1936	18,576	11,571	2,189	2,803
1937	18,929	11,116	3,132	5,508
1938	14,899	11,463	3,397	3,472
1939	17,096	10,528	4,916	3,205
1940	13,541	10,609	5,906	5,438
1941	12,201	8,018	2,916	2,802
1942	6,897	7,040	8,485	6,885
1943	8,452	8,441	5,339	5,463
1944	9,101	10,018	5,397	4,521
1945	10,970	9,512	4,780	3,585
1946	11,136	9,292	3,916	2,667
1947	8,388	7,857	3,746	2,668
1948	8,826	8,353	2,762	2,754
1949	9,646	8,363	8,297	3,715
1950	7,286	7,057	5,635	5,125
1951	9,809	8,575	5,036	4,760
1952	6,097	6,178	2,646	2,735
1953	3,814	3,749	3,528	3,581
1954	5,546	5,028	6,033	5,542

TABLE 19. Total Eastern Pacific catch of yellowfin tuna, catch per standard day's fishing, and calculated relative fishing intensity.

TABLA 19. Pesca total de atún aleta amarilla en el Pacífico Oriental por día standard de actividad, y cálculo de la relativa intensidad de la pesca.

Year / Año	Eastern Pacific total catch (in 1000's of pounds) / Pesca total Pacífico Oriental (en miles de libras)	Catch per standard day's fishing (in pounds/class 4 day) / Pesca standard por día de actividad (libras por día/Clase 4)	Relative calculated intensity (in class 4 days) / Cálculo de la relativa intensidad (en días/Clase 4)
1934	60,913	10,361	5,879
1935	72,294	11,484	6,295
1936	78,353	11,571	6,771
1937	91,522	11,116	8,233
1938	78,288	11,463	6,830
1939	110,417	10,528	10,488
1940	114,590	10,609	10,801
1941	76,841	8,018	9,584
1942	41,965	7,040	5,961
1943	50,058	8,441	5,930
1944	64,094	10,019	6,397
1945	89,194	9,512	9,377
1946	129,701	9,292	13,958
1947	160,134	7,857	20,381
1948	200,340	8,353	23,984
1949	192,458	8,363	23,013
1950	224,810	7,057	31,856
1951	183,685	9,809	18,726
1952	192,234	6,097	31,529
1953	138,918	3,814	36,423
1954	138,623	5,546	24,995

TABLE 20. Total Eastern Pacific catch of skipjack tuna, catch per standard day's fishing, and calculated relative fishing intensity.

TABLA 20. Pesca total de barrilete en el Pacífico Oriental por día standard de actividad, y cálculo de la relativa intensidad de la pesca.

Year	Eastern Pacific total catch (in 1000's of pounds)	Catch per standard day's fishing (in pounds/class 3 day)	Relative calculated intensity (in class 3 days)
Año	Pesca total Pacífico Oriental (en miles de libras)	Pesca standard por día de actividad (libras por día/Clase 3)	Cálculo de la relativa intensidad (en días/Clase 3)
1934	14,380	2,497	5,759
1935	17,197	2,242	7,670
1936	27,006	2,803	9,635
1937	47,104	5,508	8,552
1938	22,654	3,742	6,525
1939	30,121	3,205	9,398
1940	56,650	5,438	10,417
1941	25,585	2,802	9,131
1942	38,735	6,885	5,626
1943	28,894	5,463	5,289
1944	30,037	4,521	6 644
1945	33,348	3,585	9,302
1946	41,088	2,667	15,406
1947	52,460	2,668	19,663
1948	58,772	2,754	21,341
1949	75,575	3,715	20,343
1950	124,761	5,125	24,344
1951	116,565	5,036	23,146
1952	90,782	2,646	34,309
1953	133,656	3,528	37,884
1954	173,733	6,033	28,797

ESTUDIO SOBRE LOS CAMBIOS EN EL ESFUERZO DE PESCA, ABUNDANCIA Y RENDIMIENTO DEL ATUN ALETA AMARILLA Y BARRILETE EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL TROPICAL

por

Bell M. Shimada y Milner B. Schaefer

RESUMEN

El rápido crecimiento, desde la terminación de la Segunda Guerra Mundial, de la pesquería de atún aleta amarilla y barrilete en el Pacífico Oriental, ha dado lugar a que se hagan algunos comentarios sobre la racional utilización de estos recursos. Como parte del programa de la Comisión Interamericana del Atún Tropical designado para la investigación de estos problemas, un estudio fué llevado a cabo para determinar, de los informes históricos de la pesquería, los efectos de la pesca sobre los stocks de atún aleta amarilla y barrilete de la región del Pacífico Oriental y para evaluar la presente condición de estos stocks con respecto al máximo rendimiento de equilibrio.

Se acercó a estos objetivos por un método de análisis basado en el concepto de que si las variaciones en el tamaño de la población causadas por factores dependientes de la pesquería son grandes, relacionados con los efectos de factores independientes de la misma, debería haber una apreciable relación entre los cambios en el tamaño de la población con los cambios en la intensidad de pesca, considerando las poblaciones de atún del Pacífico Oriental como unidades biológicas separadas. Las medidas esenciales de rendimiento total, abundancia de la población en términos de la pesca regulada por unidad de esfuerzo, y la intensidad de la pesca fueron obtenidos de los records cuantitativos de las operaciones y resultados de la flota atunera por la serie de años de 1934 a 1954.

Se llegó a la conclusión, por las inversas relaciones que se encuentran entre los cambios en la aparente abundancia y el esfuerzo de pesca, que la cantidad pescada ha tenido un verdadero efecto sobre el stock de la población de atún aleta amarilla del Pacífico Oriental, considerado como un todo, durante el período estudiado. La evidencia sugiere también que en esta especie la intensidad de pesca en algunos de los años recientes ha alcanzado y puede aún haber excedido el nivel correspondiente al máximo rendimiento de equilibrio. Respecto al barrilete, no se ha hallado ninguna correlación entre los cambios en el tamaño de la población con los cambios en la intensidad de la pesca hasta el momento encontrados, que indiquen que la pesquería ha tenido algún efecto aparente, si lo hubo, sobre la abun-

dancia de esta especie. En consecuencia, no se puede esperar que una mayor intensidad en el esfuerzo de pesca aumente el nivel actual de rendimiento total sostenible de atún aleta amarilla ya obtenido; en tanto que, respecto al barrilete, parece posible aumentar el promedio anual de captura de acuerdo a una base apropiada, sin detrimento de los recursos.

RECONOCIMIENTO

Nuestro profundo agradecimiento para todas las personas y organizaciones que contribuyeron a la preparación de este informe, y particularmente a los miembros de la flota atunera y plantas enlatadoras de California y al Departamento de Pesca y Caza de California por haber puesto amablemente a nuestra disposición sus records para nuestro estudio. La excelente cooperación recibida del personal del Departamento de Aduana de los Estados Unidos en San Pedro y San Diego, California, merece también nuestro vivo reconocimiento.

Los Sres. Franklin G. Alverson y Rolf Juhl, del personal científico de la Comisión, estuvieron a cargo de la recolección de datos sobre la pesca efectuada por los barcos atuneros y de la supervisión del trabajo relacionado con el análisis y tabulación de estos datos. La Srta. Barbara Andersen preparó las ilustraciones usadas en este informe.

INTRODUCCION

La pesquería comercial de alta mar para la obtención de atún aleta amarilla y barrilete en la zona tropical del Océano Pacífico Oriental, creció rápidamente después de terminada la Segunda Guerra Mundial. La intensidad de la pesca aumentó constantemente conforme se agrandaba la flota pesquera de los Estados Unidos que opera la mayor parte de los desembarques de estas especies tropicales, y a medida que algunos de los países latinoamericanos bañados por el Pacífico desarrollaban sus pesquerías locales. La producción total subió notablemente por el estímulo de este empuje, y en 1950 la región aludida del Pacífico Oriental marcó un record con el desembarque de más de 354 millones de libras de atún aleta amarilla y barrilete, por un valor que sobrepasó los 50 millones de dólares. Este rápido desarrollo de la pesquería ha dado origen a importantes interrogaciones con respecto a los efectos de la creciente explotación de las poblaciones de estas especies en el Pacífico Este, y a la manera en que pueden ser mejor utilizadas para el mayor beneficio permanente.

A fin de dar respuesta a los problemas de la pesquería a través de intensivas e imparciales investigaciones científicas, fué establecida la Comisión Interamericana del Atún Tropical en virtud de un tratado entre los Estados Unidos de América y Costa Rica, el cual fué firmado en 1949 y ratificado en 1950. La Comisión comenzó su estudio en 1951, siguiendo varias líneas de investigación que le permitieran llenar las responsabilidades que la Convención le señala. Dicha Convención establece que el organismo por ella

creado debe obtener e interpretar "una información que facilite el mantenimiento de un nivel que permita una máxima pesca continuada de las poblaciones de atún de las especies aleta amarilla y barrilete y de otras clases de peces que son aprovechados por los barcos pesqueros de atún en el Océano Pacífico Oriental". Las actividades de la Comisión se ampliaron en 1953 con la adhesión de la República de Panamá a la Convención; ésta permite la participación de todos los países que tengan algún interés en la pesquería de atún en el Pacífico Oriental. El programa de investigaciones entra ahora (1956) en su sexto año.

Uno de los problemas de principal importancia para la Comisión Interamericana del Atún Tropical es conocer la relación entre los stocks de atún aleta amarilla y barrilete, y la intensidad de la pesca. Es deseable obtener una apreciación de las condiciones de estos stocks tan pronto como sea factible; esto es, determinar si se puede obtener o no un promedio mayor en la producción mediante el aumento en la intensidad de la pesca, sin detrimento de la continua productividad de los recursos, y si dentro de las proporciones actuales de la pesca, dichas poblaciones se encuentran en peligro de reducirse a niveles más bajos que los que permiten un rendimiento máximo sostenible. Consecuentemente, la Comisión inició muy pronto el análisis de los datos históricos de la pesquería para determinar la forma en que los stocks de atún aleta amarilla y barrilete del Pacífico Oriental han respondido a las variaciones en los niveles de explotación, conforme las actividades pesqueras se han desarrollado, y para evaluar las condiciones actuales de estos stocks con respecto al tamaño de la población de cada especie capaz de proporcionar las mayores pescas año tras año. Algunos de los resultados de este estudio se dan a conocer aquí.

LOS RECURSOS

El atún es un pez de alta mar muy desarrollado que mantiene importantes pesquerías en donde quiera que se presenta en abundancia y puede ser fácilmente obtenido y vendido. En el Océano Pacífico Oriental se pescan cinco especies de atún en diversas cantidades para su aprovechamiento comercial: la albacora *(Thunnus germo)*, el atún aleta azul *(Thunnus saliens)*, el atún de ojos grandes u "ojotes" *(Parathunnus sibi)*, el atún aleta amarilla *(Neothunnus macropterus)* y el barrilete oceánico *(Katsuwonus pelamis)*. Los tres primeros se encuentran por lo general en aguas más temperadas que el atún aleta amarilla y el barrilete, los cuales se presentan en mayor abundancia en las aguas más tibias de latitudes más bajas. En ciertas estaciones del año, sin embargo, la localización de todas las cinco especies puede extenderse un poco.

La pesquería del Pacífico Oriental para la obtención de los atunes tropicales, se basa primariamente en el atún aleta amarilla y en el barrilete. También se capturan incidentalmente, cuando se pescan estas dos especies, algunas cantidades de otras clases de atún o peces parecidos, pero son

insignificantes en relación con los desembarques totales de las dos especies principales.

Distribución e Historia Natural de los Atunes Aleta Amarilla y Barrilete

El atún aleta amarilla y el barrilete son especies ubicuas que viven en los mares tibios de todo el mundo. En el Océano Pacífico, estas dos especies se presentan a lo largo de los continentes asiático y americano en ambos hemisferios y pueden estar continuamente distribuídos a través de las aguas ecuatoriales del océano. En cuanto a la costa occidental del continente americano, el atún aleta amarilla aparece desde el sur de California hasta el Perú, mientras que el barrilete se localiza desde la California meridional hasta la altura de la parte central de Chile.

El atún aleta amarilla alcanza mayores tamaños que el barrilete; también obtiene generalmente más altos precios. Los pescadores ocasionalmente capturan grandes atunes de la especie aleta amarilla que pesan más de 100 libras, pero la mayor parte de los especímenes que se descargan procedentes de la región oriental del Pacífico, pesan menos de 50 libras. El tamaño promedio de los barriletes de la pesca comercial es mucho menor; las pescas están integradas predominantemente por peces entre 4 y 10 libras.

Ambas especies aparentemente crecen con gran rapidez (Moore, 1951; Brock, 1954), y a pesar de que los esfuerzos para determinar las edades de estos peces por las escamas y partes del esqueleto no han sido afortunados, pareciera, al menos por el momento y tomando en consideración las distribuciones de la frecuencia de tamaños registradas en las muestras tomadas de la pesca comercial que se desembarca en los puertos del sur de California, que la pesquería de atún aleta amarilla y barrilete depende actualmente de sólo dos o tres clases de edades muy tempranas, siendo probable que el primero entre en la pesca al tener un año, y el segundo cuando todavía no es mayor de tres años o tal vez menor.

Los atunes en general, incluídas las especies tropicales, tienden a asociarse por tamaños, en la superficie o cerca de ella, por lo menos durante sus primeros años. Este hábito constituye la base de muchas pesquerías de atún. Los cardúmenes de atún aleta amarilla y barrilete que encuentran los pescadores, se componen usualmente de individuos de una sola especie, pero algunas veces pueden consistir de una mezcla de diferentes clases de atún y de peces parecidos, del mismo tamaño o similares. En el Océano Pacífico Oriental, el atún aleta amarilla es encontrado, por lo común, aunque no exclusivamente, a lo largo de la plataforma costera y en los alrededores de los bancos fuera de la costa y de las islas. El barrilete, en cambio, parece llevar una existencia más oceánica, siendo visto a menudo lejos de tierra y, según la opinión de los pescadores, es más errático que el atún aleta amarilla y su conducta menos predecible.

Un aspecto no corriente en los hábitos del atún aleta amarilla es el de

que aparentemente emigra de las aguas superficiales a más profundas capas del océano, cuando alcanza mayores tamaños. Los pescadores japoneses, en la región occidental del Océano Pacífico (Nakamura, 1949), así como los hawaianos en el Pacífico Central, aunque en menor escala (June, 1950), han realizado durante muchos años pesquerías de importancia para la captura del atún aleta amarilla de aguas profundas mediante el uso de equipo especial. Los resultados de una reciente investigación (Wilson y Shimada, 1955) demuestran en forma definitiva que en algunas áreas de la región ecuatorial del Pacífico Este se encuentran también muy grandes atunes aleta amarilla y "ojotes" a niveles sub-superficiales, pero su abundancia deja generalmente mucho que desear en relación con la región occidental. Estos grandes atunes aleta amarilla no pueden ser pescados corrientemente por los métodos de pesca de superficie que usan actualmente los pescadores de la Costa Occidental Americana.

Los estudios sobre el alimento y los hábitos nutritivos del atún aleta amarilla y el barrilete del Pacífico, efectuados por Nakamura (1936), Welsh (1949), Reintjes y King (1953) y Juhl (1955) hacen pensar que ambas especies son omnívoras. Sin embargo, parece que su alimentación principal está constituída por peces, calamares y varios crustáceos marinos. También parece que el atún aleta amarilla y el barrilete están orientados en su distribución por las cantidades de alimento que encuentran, y así generalmente tienden a conglomerarse en regiones oceánicas en donde la productividad biológica es alta y en donde las reservas estables de organismos alimenticios son abundantes.

Schaefer y Marr (1948), en sus estudios sobre la reproducción del atún aleta amarilla y el barrilete en el Océano Pacífico Oriental, sacaron como conclusión, del examen que han hecho de las gónadas y de sus colecciones de peces juveniles, que ambas especies desovan durante el final del invierno y en los primeros meses de la primavera en las áreas de alta mar frente a la América Central. Se ha obtenido además evidencia indicativa (Schaefer y Orange, 1956) de que estos túnidos pueden desovar en otras áreas dentro de sus localizaciones en el Pacífico Oriental y en otras épocas del año.

Relaciones de la Población

El siguiente análisis, considerando como un todo la pesquería del atún aleta amarilla y barrilete, hace presumir que cada especie es una sola unidad biológica en el Océano Pacífico Oriental. Si una investigación posterior revelara que esta premisa es incorrecta, será necesario examinar de nuevo los efectos de la pesca en cada uno de los grupos separadamente, si es que los hay y en el momento en que quede demostrada su existencia. El presente estudio, en todo caso, toma en cuenta la condición gregaria de todos los stocks.

La cuestión de que si las poblaciones de atún aleta amarilla y barrilete de la Costa Occidental Americana son o no grupos separados y distintos de

aquéllos de la misma especie que se encuentran en cualquiera otra parte del Océano Pacífico, ha sido objeto de atención por parte de varios investigadores en años recientes, habiéndose logrado algún progreso en la elucidación de las relaciones básicas de la población. En ausencia de mejores métodos, el acercamiento al propósito ha sido primordialmente indirecto, usando procedimientos estadísticos para descubrir las diferencias en las proporciones anatómicas del atún de diferentes áreas, pero el reciente desarrollo de un sistema satisfactorio para la marcación de especímenes (Wilson, 1953) ofrece un medio directo para investigar el problema de la población.

Deducciones acerca de la población a través de estudios morfométricos

Godsil (1948), Godsil y Greenhood (1951), Royce (1953) y Schaefer (1952, 1955b), emplearon el análisis morfométrico o biométrico para comparar las poblaciones de atún aleta amarilla del Océano Pacífico Oriental con las de otras regiones del Pacífico. Los resultados de estos análisis independientes demuestran compatibilidad entre todos ellos y han sido sintetizados por Schaefer en su última publicación (página 118) como sigue: "Este estudio contribuye a confirmar la conclusión de que los atunes aleta amarilla del Pacífico están separados en poblaciones independientes o semiindependientes. En particular, parece que los miembros de esta especie que habitan la región de la pesquería comercial a lo largo de la Costa Oeste de las Américas, componen un grupo notablemente diferente de las poblaciones que habitan más hacia el oeste, aunque la posibilidad de alguna mezcla parcial no puede ser excluída por ahora".

La investigación en cuanto a las divisiones raciales del barrilete del Pacífico, por métodos similares, no ha sido tan intensiva como la que se ha realizado con respecto al atún aleta amarilla. Los hallazgos preliminares resultantes de la comparación de las proporciones anatómicas en ejemplares de barrilete tomados del Océano Pacífico Oriental, con las de individuos encontrados en regiones adyacentes, indican la posible existencia de diferentes inter-regionales poblaciones de barrilete, pero no es imposible que la pesquería opere sobre parte de una gran población que se halle más allá de la región del Pacífico Oriental.

Deducciones acerca de la población a través de la marcación de especímenes

El Departamento de Pesca y Caza de California ha estado ocupándose de una extensa marcación de atunes. Según Roedel (1954), esa organización marcó y devolvió al mar en la región de la pesquería del Pacífico Oriental, un total de 3135 atunes aleta amarilla y 1333 barriletes durante 1952 y 1953. A fines de este último año fueron recapturados 33 ejemplares marcados, de la primera especie, y 20 de la segunda, pero todos los individuos recobrados provenían de áreas dentro de la extensión de la antes mencionada pesquería, y ninguno se recogió en otras regiones en donde también se pescan intensiva y ampliamente estas especies. Sobre la base de 3

ejemplares recobrados por los japoneses (Ganssle y Clemens, 1953; Blunt, 1954) de 1335 albacoras marcadas aguas afuera de California, de 1952 a 1953, usando los mismos sistemas y marcas en cuanto al atún aleta amarilla y barrilete, no parece irrazonable esperar que unos pocos ejemplares de estas últimas especies se hubieran podido recobrar si éstas emigraran de las aguas del Pacífico Oriental. En vista de la falta, hasta la fecha, de individuos recobrados que indiquen esta posibilidad, los resultados de la marcación parecen confirmar, al menos por el momento, las conclusiones sacadas de los estudios morfométricos.

LA PESQUERIA

La pesquería del Pacífico Oriental para la obtención de atún aleta amarilla y barrilete, se originó en California y creció como consecuencia de las necesidades de un mercado estadounidense, de manera que no debe sorprender que esas actividades estén bajo el dominio de los pescadores de los Estados Unidos de América. Con excepción de cantidades mínimas desembarcadas por unos pocos países latinoamericanos durante y después de la Segunda Guerra Mundial, la pesca entera de atún aleta amarilla y barrilete del Pacífico Este se realiza cada año por embarcaciones registradas en la Unión, que tienen su base principalmente en puertos de California. La Tabla 1 muestra la magnitud de los desembarques anuales en California, por especies, desde los albores de la pesquería hasta los años más recientes.

La mayor parte del atún aleta amarilla y barrilete que se pesca comercialmente en el Océano Pacífico Oriental, se realiza por barcos de carnada (que emplean caña y anzuelo con el atractivo de carnada viva), o por embarcaciones rederas (que usan exclusivamente grandes redes para la captura). Algunos de estos peces se obtienen también por el sistema de líneas de arrastre, incidentalmente al efectuar la pesca de albacora en las áreas septentrionales de la pesquería, pero las cantidades son insignificantes comparadas con el total descargado por los barcos que usan los dos sistemas principales antes descritos.

La Tabla 2 da las cantidades de atún aleta amarilla y barrilete desembarcados anualmente en los puertos de California por barcos de carnada y rederos, de 1931 a 1954. Estos datos, que en cuanto a los años anteriores a 1951 se basan en records estadísticos del Laboratorio de Pesquerías del Estado de California, y con respecto a los años posteriores a 1951 en tabulaciones de la Comisión del Atún, se presentan gráficamente en la Figura 1. En la Tabla 3 se indican los porcentajes del desembarque total anual efectuado por los barcos atuneros de los dos tipos, tanto por cada especie separadamente, como por ambas especies combinadas. En el período en que se dispone de información, se puede ver el papel predominante desempeñado por los barcos de carnada en la producción de atún, ya que más de las tres cuartas partes de la pesca combinada de atún aleta amarilla y barrilete, en cada año, ha sido hecha con el empleo de carnada viva.

Métodos de Pesca

Pesca con carnada viva

El uso que hacen los pescadores estadounidenses de la carnada viva para la captura del atún, data desde los primeros días de la pesquería de albacora, cuando las cuerdas de pescar provistas de sardinas vivas eran un sistema popular de pesca. La eficiencia de este método progresó notablemente en las inmediaciones de 1913, cuando se introdujo la técnica de echar al agua el cebo vivo ("chumming") (Pacific Fisherman, 1913). El "chumming" consiste en esparcir peces de carnada vivos sobre la superficie del agua para atraer a los atunes e incitarlos a morder. Oportunamente, las cuerdas de pescar fueron reemplazadas por cañas de bambú y cordeles y, antes de transcurrir mucho tiempo, el empleo de cebos artificiales junto con el "chumming" llegó a ser una práctica ampliamente aceptada en toda la pesquería del atún tropical.

Una buena relación de los métodos de pesca con carnada viva empleado por los pescadores de California para la captura de atún amarilla y barrilete, nos ofrece Godsil en 1938. Las técnicas han cambiado poco desde entonces y pueden describirse brevemente como sigue: Después de que el barco atunero ha obtenido su provisión de carnada viva en aguas costeras, se dirige a las zonas de pesca donde los pescadores exploran en busca de los cardúmenes de atún, generalmente por medios visuales. Cuando una mancha es localizada, el barco la intercepta y echa al mar carnada viva para atraer a los peces cerca del barco. Entre tanto, los pescadores se sitúan en las barandillas especiales que se cuelgan de la popa y quedan cerca del agua. El cardumen puede hacer caso omiso de la carnada viva y continuar su marcha, o bien reaccionar por su atracción poniéndose los peces salvajemente excitados. Es entonces cuando los pescadores se aprovechan de la voracidad despertada y lanzan sus anzuelos provistos de plumas o cebos artificiales entre los enloquecidos peces. Estos muerden indiscriminadamente quedando enganchados en los anzuelos, e inmediatamente son puestos de un tirón fuera del agua y echados en el barco. Pescando en esta forma, un barco de carnada puede coger cantidades apreciables de atún de una sola mancha.

La clave de este método de pesca es la carnada viva, y por esto los pescadores emplean gran parte del tiempo y de su esfuerzo en la adquisición de peces-cebo y en mantenerlos vivos a bordo. La cantidad de carnada que lleva un atunero determina el tiempo que es capaz de permanecer en las zonas de pesca, porque una vez que se le termina ésta, por el empleo que de ella ha hecho o por mortalidad debida al encierro u otras causas, el barco debe volver por más si pretende continuar la captura de atunes. Una embarcación grande puede llevar varios miles de "scoops" de peces-cebo de una sola vez, pero es más bien raro que una carga de carnada pueda bastar para un viaje completo. (Un "scoop" es equivalente a 8 libras de pescado, pero varía con el tamaño y la especie de los peces). La necesidad de reponer

frecuentemente el cebo de los tanques ha impedido hasta cierto punto la expansión de la pesquería a grandes distancias de las aguas costeras.

Los pescadores emplean diversas clases de peces-cebo. Estos son, en general, pequeños peces gregarios de las familias del arenque y la anchoa que se presentan en variable abundancia en las bahías y estuarios a lo largo de la costa del Pacífico, desde el sur de California hasta el norte del Perú y alrededor de las Islas Galápagos. La especie más importante es una anchoa tropical, la anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)*, que se encuentra ampliamente distribuída y se mantiene bien en cautividad. En 1954, el 47 por ciento de la cantidad total de carnada que emplearon los pescadores de atún de California (aproximadamente 1,810,000 "scoops"), era de anchovetas (Schaefer, 1955a). Otras especies de peces-cebo que se capturan en grandes cantidades año tras año son la sardina de las Galápagos *(Sardinops sagax)*, la anchoa nórdica o norteña *(Engraulis mordax)* y la sardina de California *(Sardinops caerulea)*.

El aumento del tamaño de la flota de barcos de carnada de California de 1932 a 1954 está demostrado gráficamente en la Figura 2 (Tabla 4). Las principales características de interés con respecto a estos datos son: la tendencia gradual, que comenzó en el período de la pre-guerra y que ha continuado hasta el presente, hacia embarcaciones más y más grandes conforme más distantes áreas de pesca se han ido abriendo a la explotación; el efecto causado por la Segunda Guerra Mundial consistente en la disminución temporal del número de los grandes barcos de carnada; la rápida restauración de la flota de embarcaciones grandes inmediatamente después de la guerra; y el decrecimiento, desde más o menos 1951, debido a que las bajas han sido mayores que los reemplazos.

Pesca con barcos que usan redes de encierre

Desde 1914 se comenzaron los intentos para atrapar el atún con grandes redes circundantes (Pacific Fisherman, 1914), pero todos los experimentos terminaron en fracasos, y no fué sino hasta inmediatamente después de la Primera Guerra Mundial, cuando muchos pescadores expertos en el manejo de la red de encierre, procedentes de Alaska y del Pacífico Noroeste, hicieron su entrada en las pesquerías de California, que la pesca con este tipo de redes de grandes tamaños pudo ser adaptada para la captura de atún aleta amarilla y barrilete. En el tiempo en que la industria empezó a enviar regularmente flotas pesqueras a las aguas mexicanas en los primeros años de la tercera decena de este siglo, las redes y métodos de manejarlas habían sido muy perfeccionados, y en los años subsiguientes los barcos que usan redes de encierre contribuyeron con importantes cantidades a la pesca de Baja California. Desde entonces, y a pesar de que han sido logradas algunas mejoras en esta modalidad de pesca, éstas son relativamente de poca monta, y hoy día se realiza fundamentalmente de la misma manera que treinta años atrás (Scofield, 1951).

En la pesca con redes circundantes, el objetivo es colocar la red alrededor de una mancha de atunes aleta amarilla o barrilete y que los peces queden completamente cercados dentro de una pared de tejido; conseguido esto, se cierra entonces el fondo de la red, embolsando al atún. El área de la red es gradualmente reducida conforme se va recogiendo a bordo, y los peces son izados para ser luego almacenados en las bodegas. Estos movimientos pueden parecer muy fáciles, pero en realidad son complicados y requieren considerable adiestramiento y experiencia.

Como los barcos que usan redes de encierre no necesitan proveerse de carnada, pueden dedicar mayor parte de su tiempo a explorar y pescar que los barcos de carnada. Sin embargo, esta ventaja está parcialmente compensada porque la pesca con red resulta afectada en mayor grado por las condiciones del tiempo y del mar, y por los hábitos de los peces, que la que se opera con peces-cebo.

La importancia secundaria de los barcos que usan redes de encierre en la pesquería de atún se atribuye, por lo menos en parte, al hecho de que durante muchos años la captura de este pez por este método fué realizada sólo periódicamente por embarcaciones que se dedicaban de modo principal a la pesca de sardinas y a otras clases de peces de hábitos gregarios. Durante la época no dedicada a estas pescas, que coincidía con la aparición del atún aleta amarilla y el barrilete en las aguas vecinas, estos barcos rederos encontraron provechoso dedicarse a la pesca de atún. El alcance de esta participación fué influído, sin embargo, por el éxito en la pesca de las especies más importantes, y tiene mucho que ver con las marcadas fluctuaciones en el tamaño de la flota redera para la pesca de atún que se registran año tras año (Tabla 5). En la última década, al declinar la abundancia de la sardina de California y de la caballa (mackerel), más barcos rederos han dedicado todo su tiempo a la pesca de las especies tropicales de atún, y con el aporte que los nuevos barcos de amplio radio de acción han dado a la pesquería, la que se efectúa con redes de encierre ha extendido sus actividades a todo el año en las regiones ecuatoriales que anteriormente sólo explotaban los barcos de carnada. Ultimamente también, algunos barcos rederos de California han tomado como base de operaciones los puertos de la América Latina embarcando su producción con destino a los Estados Unidos.

Areas de Pesca

La pesquería de atún aleta amarilla y barrilete en los presentes momentos comprende más o menos un millón y cuarto de millas cuadradas de la superficie del mar, y se extiende desde el sur de California hasta el norte del Perú en una faja de varios centenares de millas paralela a la costa. La extensión geográfica de las áreas de pesca en 1954 puede apreciarse en la Figura 3.

Dentro de esta amplia región, la pesca varía de un lugar a otro con la

estación, porque los pescadores tienden a concentrar sus barcos en ciertas localidades en las épocas en que la experiencia ha enseñado que pueden lograrse las mejores pescas. Las áreas que en forma constante dan buena producción de atún año tras año se localizan frente a Baja California, al Golfo de Tehuantepec, a la costa de la América Central, Ecuador y Colombia, y mar afuera en las zonas de las Islas Revilla Gigedo y Galápagos (Figura 3). La productividad de estas regiones se considera principalmente relacionada con el enriquecimiento de las capas superiores del océano en virtud de procesos físicos que se efectúan en ciertas épocas del año y que a su vez promueven el crecimiento de organismos alimenticios atractivos para el atún.

Las áreas pesqueras de Baja California son las que por más largo tiempo han sido explotadas y en general se hace referencia a ellas como áreas "locales". Muchos de los más pequeños barcos atuneros están limitados por su tamaño a pescar "localmente", pero pueden aventurarse algunas veces hacia el sur hasta el Golfo de Tehuantepec. Las regiones al sur, frente a la América Central y a Sudamérica, que han venido a ser explotadas más recientemente, son accesibles a los barcos más grandes, y la pesca es efectuada en varias partes de esta zona durante todo el año.

Desarrollo Histórico

La pesquería de atún aleta amarilla y barrilete del Pacífico Oriental es de origen comparativamente reciente. El curso de su desarrollo está, en consecuencia, muy bien documentado y, por los detalles encontrados en periódicos comerciales, en publicaciones de los gobiernos y en otras fuentes de información, ha sido posible reconstruir el siguiente proceso histórico.

Desarrollo de la pesquería de atún aleta amarilla y barrilete desde la pesquería de albacora en California

La industria atunera de los Estados Unidos tuvo sus orígenes en California, en 1903, cuando la albacora fúe enlatada con buen éxito por primera vez. La pesquería de albacora se expandió rápidamente al encontrar el nuevo producto la aceptación del consumidor, y alrededor de 1914 los desembarques anuales habían alcanzado un nivel de más de 18 millones de libras. La producción de albacora en ese entonces provenía en su totalidad de las aguas afuera de la costa de California, y la pesca era sólo periódica porque esta especie generalmente era asequible a los pescadores durante los meses de verano y otoño. Se encontró que esta provisión periódica era variable de un año a otro y así, en 1916, una pesca escasa de albacora tuvo como consecuencia el enlatado de pequeñas cantidades de barrilete y atún aleta amarilla, que anteriormente habían sido mirados con indiferencia por causa de aquel túnido.

Durante la Primera Guerra Mundial creció enormemente la demanda por atún enlatado. La pesquería de albacora de California no estaba en

condiciones de llenar todas las necesidades de la industria, y alternativamente se procesaban grandes cantidades de atún aleta amarilla y barrilete. Datos estadísticos (Pacific Fisherman Yearbook, 1949) indican que en 1918 estas especies constituyeron el 77 por ciento del volumen total del atún enlatado que produjeron las plantas empacadoras del Sur de California.

Apertura de los recursos de atún de Baja California a la explotación americana

El atún aleta amarilla y el barrilete fueron pescados en cantidades cada vez mayores en los años que siguieron a la terminación de la Primera Guerra Mundial, conforme la producción de albacora siguió siendo errática y llena de incertidumbre. Con el objeto de aumentar las pescas locales de las especies tropicales de atún que aparecían frente a California solamente durante los meses calurosos, la industria comenzó a volver los ojos hacia la región de Baja California, en donde anteriores exploraciones habían revelado la presencia de atún aleta amarilla y barrilete aparentemente en gran abundancia. El movimiento en esa dirección fué también estimulado por el Gobierno Mexicano, quien hizo concesiones en las tarifas sobre el atún fresco para atraer el capital de los Estados Unidos. Subsecuentemente, a partir de 1922, flotas de pequeños barcos pesqueros de California, al amparo de grandes barcos frigoríficos, comenzaron a operar periódicamente desde ancladeros mexicanos. Durante la primavera, la pesca era efectuada en Cabo San Lucas, principalmente para la obtención del atún aleta amarilla, y en el otoño las expediciones fueron enviadas a Bahía Tortuga situada en la mitad del camino entre San Diego y Cabo San Lucas (Figura 4). Las pescas que hacían estas pequeñas unidades eran entregadas a los barcos de refrigeración y desde allí transportadas a las plantas enlatadoras del Sur de California en barcos ténder. Estas nuevas operaciones demostraron ser tan productivas que, a fines de 1923, los desembarques de atún aleta amarilla y barrilete en Baja California superaron las cantidades descargadas con procedencia de las aguas de los Estados Unidos (Tabla 1).

Evolución de la moderna flota atunera de alta mar y expansión de la pesquería hacia las regiones ecuatoriales del Océano Pacífico Oriental

A partir de 1926 se dió un mayor estímulo a la pesquería de Baja California por la inexplicable desaparición de los anuales movimientos migratorios de la albacora aguas afuera de la costa occidental de los Estados Unidos. Sin embargo, la política del Gobierno Mexicano con respecto a los derechos aduaneros sobre los embarques con destino a California de atún pescado por estadounidenses, desanimó la expansión de las operaciones de los barcos ténder, y el interés de la industria se desvió hacia el uso de barcos de gran tamaño recientemente aparecidos capaces de operar independiente y provechosamente en alta mar, fuera de las aguas territoriales mexicanas. Con el comienzo de esta nueva pesquería de atún en mar abierto, y debido a un rápido aumento en el tamaño de la flota californiana

de alta mar, los desembarques anuales de atún aleta amarilla y barrilete crecieron en forma sustancial. En 1929 más de 64 millones de libras fueron descargados en California, en comparación con 33 millones en 1926 cuando la pesca era suministrada casi enteramente por la pesquería con base en México. Como el carácter de la pesquería cambió también, las operaciones en aguas costeras mexicanas declinaron en importancia y, en 1930, los barcos ténder habían cesado su actividad.

Otro factor de importancia que contribuyó al fuerte incremento de la producción durante estos años, fué el descubrimiento de nuevos bancos de pesca a lo largo de la costa de Baja California y aguas afuera hacia el sur. En 1928, las localidades situadas mar afuera como Alijos Rocks y las Islas Revilla Gigedo eran explotadas por barcos pesqueros estadounidenses y algunos clipers cruzaban el Golfo de California para operar alrededor de las Islas Tres Marías y al sur a lo largo de la costa mexicana (Figura 4).

Una vez en camino, la expansión de la pesquería de atún de alta mar hacia las áreas tropicales del Océano Pacífico Oriental se efectuó rápidamente, ya que los pescadores, al aventurarse más y más hacia el sur en aguas más cálidas, descubrieron que la pesca de atún aleta amarilla y barrilete podía mantenerse durante todo el año. Esto constituyó una gran ventaja no solamente para los pescadores sino también para los enlatadores, porque al asegurarse una provisión estable de pescado quedaban en condiciones de operar todo el tiempo y no en forma periódica como en el pasado. En 1930, las posibilidades de encontrar atún se habían extendido hacia el sur a las Islas Clipperton y Cocos frente a la América Central, a las Islas Galápagos a la altura de la parte septentrional de América del Sur, y a lo largo de las costas de Guatemala, El Salvador y Panamá.

La nueva extensión de operaciones de la flota trajo también varios problemas, siendo el más grave de todos provocado por las dificultades de preservar las pescas de atún en buen estado en los climas cálidos, y de mantener viva la carnada, obtenida en las zonas de California y Baja California, en las aguas de más alta temperatura que fueron encontradas en latitudes más bajas. Aún más, la necesidad de cubrir largas distancias hacia las áreas del sur, y de localizar islas y bancos de pesca remotos, presentó problemas de navegación y comunicación. Sin embargo, con los adelantos en los métodos de refrigeración y en los equipos de las embarcaciones, y con la solución del problema del cebo al encontrar grandes poblaciones de clases apropiadas de peces-carnada en varias localidades a lo largo de la costa de la América Central y en las Islas Galápagos, la pesquería de atún tropical sobrepasó sus mayores obstáculos, y nuevos y grandes barcos se le sumaron en forma estable. En 1934, la región al sur de Panamá y saliendo mar afuera hasta las Galápagos, fué explotada en forma intensiva por las unidades de la flota atunera de largo radio de acción, y unos pocos años más tarde, en 1936, una empresa de los Estados Unidos estableció en Puntarenas, Costa Rica, una planta de refrigeración y bodegas frías de

almacenamiento, para que algunos de los barcos con base en California estuvieran en condiciones de emplear más tiempo en la pesca y menos tiempo en trasladarse de las zonas de actividad al puerto de origen, permitiéndoles transportar el pescado en barcos comerciales de Costa Rica a los Estados Unidos. Estas pescas están incluídas en los desembarques en California que figuran en la Tabla 1. El ímpetu que provocaron estos eventos produjo un aumento gradual en los desembarques de atunes tropicales, principalmente aleta amarilla, y en 1940 la pesca global había alcanzado más de 170 millones de libras, pescadas casi todas en aguas frente a la América Latina.

La Segunda Guerra Mundial y el periodo de post-guerra

La entrada de los Estados Unidos a la Segunda Guerra Mundial en 1941, tuvo graves repercusiones en las actividades de la pesquería. Muchos de los barcos más grandes fueron tomados por la Marina y el resto de la flota pesquera sufrió restricciones en sus movimientos. La pesca global de atún aleta amarilla y barrilete disminuyó, en consecuencia, hasta una baja cantidad de 80 millones de libras en 1943, menos de la mitad de lo que se desembarcó en 1940, que fué el último año de normalidad antes de las hostilidades.

Con el fin de la guerra, la flota de California aumentó rápidamente en tamaño, ya que las viejas unidades regresaron del servicio militar y se les agregaron nuevas embarcaciones y buen número de navíos militares adaptados para la pesca. La pesca se reanudó en las aguas ecuatoriales tan pronto como se levantaron las restricciones territoriales y, en 1948, los clipers de largo radio de acción habían extendido sus actividades en el sur a lo largo de la costa de Colombia y Ecuador y hasta aguas afuera del Golfo de Guayaquil. Esta intensificación en el esfuerzo de pesca y la expansión en los límites meridionales de la pesquería, trajo como resultado un enorme resurgimiento en la producción de atún que en 1950 llegó a su clímax con una producción de 307 millones de libras de atún aleta amarilla y barrilete, con la que la flota de los Estados Unidos marcó un record.

Las condiciones sufrieron un cambio poco después. A pesar de que la pesquería continuó operando a un nivel de actividad bastante alto, la pesca total anual comenzó a declinar después de 1950. Aún con las apreciables contribuciones que a la producción daban las nuevas áreas de pesca aguas afuera de la parte norte del Perú, éstas no fueron suficientes para cambiar la línea de menores desembarques que hasta cierto punto reflejaban las crecientes dificultades económicas de la industria, resultantes principalmente del aumento en la competencia por las importaciones extranjeras. En 1953, la producción había bajado a unos 254 millones de libras de atún aleta amarilla y barrilete, y el tamaño de la flota californiana se había reducido, ya que las bajas debidas a desgaste no habían sido reemplazadas con nuevas construcciones.

Cambios en el Rendimiento de las Areas de Pesca más Antiguas

Interesa determinar si la expansión de la pesquería de atún aleta amarilla y barrilete hacia las regiones meridionales, según queda descrita en las anteriores páginas, fué o no motivada solamente por el decreciente rendimiento de las áreas más antiguas, o si la expansión fué necesaria para llenar las crecientes necesidades de los empacadores. Los únicos datos existentes para el posible examen de esta cuestión son las estimaciones de la producción por sub-áreas geográficas en la región del Pacífico Oriental, que han sido compiladas por el Laboratorio de Pesquerías del Estado de California. Esta organización proveyó las tabulaciones que muestran las áreas de captura de donde proceden todos los desembarques de atún de 1931 a 1954, las cuales han sido utilizadas para el presente estudio.

Mediante el sistema del "boleto rosado" ("pink-ticket") que comenzó a aplicarse en California en 1919 (California Bureau of Marine Fisheries, 1952), todos los desembarques de pescado en el territorio estatal tienen asignadas sus áreas de procedencia. Este sistema de origen, aplicado a los atunes del trópico, es una distribución telescópica de áreas por la cual es posible registrar un desembarque de atún de una específica área del océano o de una región más general, dependiendo de la exactitud de la información recibida sobre el lugar o lugares de captura. Este sistema fué empleado aparentemente porque la precisión con que los datos de origen podían ser obtenidos variaba de una embarcación a otra. Los límites de las áreas y los sistemas de codificarlas fueron cambiados varias veces en el pasado, pero se han mantenido esencialmente iguales de 1938 a 1954. Las áreas de procedencia, según el sistema de California, pueden verse en la Figura 14 (página 35) de la antes citada publicación. A pesar de que este sistema no está perfectamente adaptado para proveer una información precisa sobre las cantidades de atún aleta amarilla y barrilete descargadas de cada específica área, porque las pescas son a menudo informadas como procedentes de regiones más generales, fué posible, sin embargo, recombinar los datos de origen del sistema de California, de acuerdo con el siguiente esquema, mediante el empleo arbitrario de sub-áreas:

A. Norte de la frontera California-México.

B. De la frontera California-México hasta los 22° N. de latitud (Area 920 y todas las subdivisiones de ésta).

C. De los 22° N. de latitud hasta los 16° N. de latitud (Area 938 y todas las subdivisiones de ésta).

D. Algo al norte de los 16° N. de latitud, sin que se dé una localización más exacta (Area 930).

E. Suma de las zonas A, B, C y D. Este es el total de todos los desembarques informados como del norte de los 16° N. de latitud.

F. De los 16° N. de latitud hasta los 7°30′ N. de latitud (Area 948 y todas las subdivisiones de ésta).

G. Norte de los 7°30′ N. de latitud, sin que se dé una localización más exacta (Area 940).

H. Suma de las zonas E, F y G. Este es el total de todos los desembarques informados como del norte de los 7°30′ N. de latitud.

I. Sur de los 7°30′ N. de latitud, excepto las Islas Galápagos.

J. Islas Galápagos.

K. Area de captura no indicada (Area 950 y otras designaciones para orígenes desconocidos del Océano Pacífico Oriental).

Los datos retabulados se dan en las Tablas 6, 7 y 8 que incluyen, respectivamente, los desembarques de atún aleta amarilla solo, de barrilete, y de las dos especies combinadas. En la última columna de cada una de estas tablas se indican los porcentajes de los desembarques totales que no fueron informados por áreas. Puede apreciarse cómo en 1931, 1932 y 1933 prácticamente ninguno fué informado, habiendo sido registrados todos los desembarques de estos años como procedentes del "sur de la frontera California-México". Los años 1934 y 1935 demostraron una pequeña mejora en este respecto. Posteriormente se informó sólo una parte variable de la pesca por áreas de procedencia, pero no fué sino hasta 1950 que los informes comenzaron a ser lo suficientemente detallados como para considerarse completos para fines prácticos.

Por el relato histórico sobre el crecimiento de la pesquería, ya se ha visto que las actividades para la obtención de atún aleta amarilla y barrilete cubrieron en forma bastante completa la región sur hasta el Golfo de Tehuantepec en 1930 y 1931. Esta área (latitud 16° N.) puede ser considerada entonces como la región general de la "vieja" pesquería. Es de utilidad ver qué conclusiones pueden sacarse de los datos referentes a los cambios de esta región.

A fin de presentar los datos pertinentes en forma gráfica así como tabulada, los desembarques totales y los informados como del norte de los 16° N. y sur de los 16° N. se muestran en la Figura 5 por cada especie y año. Los correspondientes al norte de los 16° N. figuran en la columna E de las Tablas 6, 7 y 8, mientras que la suma de las columnas F, G, I, y J da el total de los procedentes del sur de los 16° N., esto es: todos los desembarques no registrados como procedentes del norte de los 16° N. Puede notarse como los datos de la columna C (desembarques procedentes del norte de los 7°30′ N., cuya exacta localización no se da), se presume que provienen del sur de los 16° N., lo cual puede estar equivocado en parte, pero no lo suficiente como para ser de consecuencia.

De estos datos se puede ver que en los años 1950 a 1954, cuando la procedencia de casi toda la pesca era conocida, el promedio de los desembarques de atún aleta amarilla provenientes de la región al norte de Tehuantepec fué de 54,602,000 libras. Este promedio es mayor que el de

la totalidad de la pesca combinada, y menor que la cantidad informada como procedente del sur de los 16° N., en 1934. De allí que pueda considerarse que la pesca de atún aleta amarilla de la región al norte de Tehuantepec, debe haber sido mayor en el período 1950-1954, que en los primeros cuatro años de la serie.

De modo similar, en los años 1950-1954 los desembarques de barrilete procedentes del norte de los 16° N., dieron un promedio de 40,388,000 libras, que es mayor que la producción entera de la pesquería de esta especie en cualquier año de la serie 1931 a 1946, con las excepciones de los años 1937 y 1940. Así, pues, aparentemente el promedio anual de la pesca procedente del norte de Tehuantepec, de 1950 a 1954, fué mayor que la pesca anual de los años 1931 a 1946, con las dos excepciones apuntadas.

Pareciera, por estos datos, que el nivel del rendimiento del barrilete procedente de la región al norte de Tehuantepec en años recientes es, en general, tan alto o más que lo que ha sido en el pasado. En cuanto al atún aleta amarilla, el nivel del rendimiento de esta "vieja" región de pesca en los últimos años es, en promedio, más elevado que lo que fué en el período 1931 a 1934.

Sería deseable conocer un poco más sobre el curso del rendimiento que ha dado el atún aleta amarilla, particularmente durante el período 1935-1949, y también sería interesante comparar la producción de una parte más específica de las "viejas" áreas de pesca. Para el logro de estos propósitos, bien podrían utilizarse los records de los desembarques procedentes de la región al sur de Cabo San Lucas, incluyendo el Golfo de California (columnas A y B de las Tablas 6 y 7), y de toda la entera región al norte de Tehuantepec (columna E de las Tablas 6 y 7). Si se presume que en cada año y por cada especie las pescas que no fueron informadas (columna K) se distribuyeron de la misma manera que las que sí lo fueron por zonas de procedencia, resulta posible, entonces, estimar el rendimiento de cada una de las especies en estas regiones. Esta suposición, sin embargo, es hasta cierto punto incorrecta, porque se sabe por otras fuentes que los barcos que desarrollaban la pesca en las nuevas zonas hacia el sur durante el período en estudio, han guardado mayor reserva en cuanto a sus localidades de producción que los barcos que operaban en las áreas más viejas y más conocidas. El error se refleja también en los datos estadísticos de las Tablas 6 y 7, en las que puede observarse que en los años entre 1936 y 1942 el porcentaje de desembarques de atún aleta amarilla que no han sido informados por áreas, es notoriamente más alto que el correspondiente al barrilete, lo que se desprende del hecho de que esta última especie fué pescada en cantidades relativamente mayores en las viejas áreas de pesca, procedencia que se informaba en forma más completa. El efecto de este error, de conformidad con la suposición en que se han basado los cálculos, es el de aumentar los desembarques estimados con procedencia de las áreas pesqueras viejas, más al norte. En consecuencia, las estimaciones serán

generalmente más altas que los valores verdaderos en los años en que la completa pesca no fué informada por áreas, y este efecto será mayor en los datos del atún aleta amarilla que en los del barrilete.

En la Tabla 9 aparecen los desembarques estimados, por especies, de la región al norte de los 22° N. y al norte de los 16° N. El "factor" dado en la tabla para cada especie, es el valor por el cual los correspondientes desembarques registrados en cada área de captura (Tablas 6 y 7) fueron multiplicados para efectuar la corrección en cuanto a la parte de la pesca cuya procedencia no se informó. En cada caso, el factor es la razón o proporción de los desembarques totales con respecto a los que sí fueron registrados por áreas de procedencia. La Figura 6 contiene las cantidades de atún aleta amarilla y barrilete descargadas, que se han estimado de esta manera por cada una de las dos regiones, junto con los desembarques totales procedentes de todas las regiones de la pesquería.

Pareciera, por el recuadro inferior de la Figura 6, que la pesca de barrilete procedente del norte de los 16° N. constituyó la mayor parte de la producción de esta especie hasta 1947, y que casi toda provino de la zona de pesca más antigua, al norte de los 22° N. Los desembarques de esta área a través de los años indican una ligera tendencia a subir. La parte de la pesca de las áreas al sur de los 16° N. está subestimada hasta cierto punto, desde luego, como ya se ha explicado, en algunos años anteriores a 1950, de manera que esta tendencia puede ser algo mayor que lo que el gráfico indica. Desde 1947 se ha registrado un gran aumento en los desembarques de barrilete procedente de las regiones meridionales, más abajo del Golfo de Tehuantepec, pero al mismo tiempo no se ha notado ningún descenso en el rendimiento total de las áreas pesqueras más viejas.

Los desembarques de atún aleta amarilla, estimados por región en la forma que se ha dicho, tienen su gráfico en el recuadro superior de la Figura 6. Los provenientes del área al norte del Cabo San Lucas (22° N.) parecen haber subido lentamente de 1934 a 1940, luego declinaron un poco hasta 1943, fecha a la que siguió un rápido aumento hasta 1947, registrándose enseguida una caída precipitada hasta el presente nivel, más o menos igual al que llegaron en los primeros años de la década de 1930. En la más grande región hacia el sur hasta el Golfo de Tehuantepec, parece que ha habido un más bien rápido aumento en los desembarques hasta 1940, seguido de un descenso hasta 1943 cuando principió un también rápido aumento hasta 1948, seguido por el declinamiento a los presentes niveles. Este cuadro, sin embargo, se considera erróneo en algunos aspectos debido al sesgo arriba anotado, resultante del error en la suposición hecha al calcular los datos. La Figura 6 pareciera indicar que entre 1934 y 1940 el aumento en los desembarques totales de atún aleta amarilla fué debido a la mayor descarga de pescado procedente de las áreas más viejas al norte de Tehuantepec, en tanto que los desembarques de la nueva zona, al sur de Tehuantepec, no dieron muestras de incremento alguno.

Sin embargo, como se ha dicho anteriormente, éste fué un período de expansión de la pesquería de largo alcance al sur de Tehuantepec, mantenida casi enteramente por el atún aleta amarilla. Resulta obvio, en consecuencia, que una buena parte del aumento en los desembarques entre 1934 y 1940 debe ser acreditada a las más nuevas zonas de pesca y no, como parece indicarlo el gráfico, a la vieja región al norte de Tehuantepec. No es irrazonable suponer que de 1936 a 1942 las pescas reales en dicha región mostraran muy poco cambio; probablemente fluctuaron alrededor de un promedio de 40 millones de libras. El descenso en los desembarques de 1941 y 1942, que fué más severo en las áreas al sur de Tehuantepec, es esencialmente un cuadro verdadero y refleja el alejamiento de los barcos más grandes de largo radio de acción por causa de la guerra. Durante los últimos años de hostilidades, la flota se aumentó de nuevo con la llegada de un número considerable de embarcaciones, la mayor parte de ellas pequeñas, y la pesca se concentró en las zonas "locales" por el limitado radio de acción de los barcos y a causa de las restricciones en las operaciones. En consecuencia, los desembarques de atún aleta amarilla procedentes del área al norte del Cabo San Lucas y de la más grande región hacia el sur hasta Tehuantepec, aumentaron rápidamente después de 1943 y el aumento continuó hasta 1947. Al terminar la guerra, la pesquería del atún aleta amarilla gradualmente volvió una vez más a la región meridional, y con este cambio la pesca en las áreas antiguas cayó violentamente al nivel que ahora tiene. Pudiera ser que alguna parte de los desembarques de atún aleta amarilla acreditados a la región del norte de Tehuantepec, en el período 1944-1948, procedieran en realidad de localidades más al sur, pero es cierto que la pesquería de largo alcance se vió muy restringida durante este período, de modo que el cuadro parece ser esencialmente correcto.

En resumen, se considera que el nivel actual de rendimiento del atún aleta amarilla de las viejas áreas al norte del Golfo de Tehuantepec está a un nivel que se aproxima al de los años de la pre-guerra, pero que es menor que los que fueron obtenidos durante los últimos años de las hostilidades. Si el descenso desde los altos niveles de rendimiento durante la postrimería de la guerra se debe enteramente a cambios de post-guerra en el esfuerzo de pesca en esta región, o si es también debido en parte a otros factores, es algo que no puede asegurarse ahora. Con respecto al barrilete, el rendimiento de las viejas localidades al norte de Tehuantepec en el período 1950-1954, es tan elevado como el nivel promedio de rendimiento que se ha registrado en todo momento en esa área. En consecuencia, puede sacarse en conclusión que la expansión de la pesquería de las antiguas zonas a las regiones meridionales durante y desde los primeros años de la década de 1930, no fué motivada por un descenso en el rendimiento, sino principalmente por la demanda económica de un mayor volumen de pescado que no podían satisfacer las regiones cercas, y que esa expansión recibió el empuje del desarrollo tecnológico, el cual permitió a los barcos de gran tamaño pescar provechosamente a largas distancias de los puertos de base.

EL PROBLEMA

Consideraciones Teóricas

El problema de determinar los efectos de la pesca en los stocks de atún aleta amarilla y barrilete del Pacífico Oriental comprende, básicamente, el estudio de la relación entre el volumen de la pesca y la población de peces. Sería de utilidad revisar algunos de los aspectos teóricos sobre la manera cómo las actividades pesqueras dejan sentir su efecto sobre el recurso pesquero en cuestión, según han sido tratados en el trabajo clásico de Baranov (1918) y en las importantes contribuciones de Russell (1931), Thompson (1937), Graham (1935, 1939), Schaefer (1954) y otros.

Una población de peces en el mar, en común con todos los conglomerados de cosas vivientes, tiene la facultad de renovarse y de aumentar su tamaño por la reproducción y el crecimiento. Sin embargo, los efectos de la densidad de la población sobre la mortalidad natural y el reclutamiento tienden a limitar la magnitud final que puede alcanzar una población y la tasa de crecimiento de los individuos es también afectada por la densidad de la población. De este modo, la tasa en que una población crece en peso depende de la relación cuantitativa entre el nacimiento (o reclutamiento) y crecimiento por una parte y la mortalidad por la otra. Cuando los factores de aumento exceden a los factores de decrecimiento, la población aumenta y, por el contrario, si las remociones son mayores que los incrementos, la población declinará en tamaño. No obstante, bajo condiciones naturales las poblaciones pocas veces llegan a extinguirse ni tampoco a crecer indefinidamente. Por lo general los renuevos tienden a igualar las pérdidas, de modo que la magnitud de la población se mantiene en equilibrio a un nivel promedio que es determinado primordialmente por el medio ambiente. Si en cualquier momento una influencia adicional viene a afectar la población, como cuando el hombre explota parte de ella, entonces busca un reajuste ante este nuevo factor de mortalidad y se estabiliza a un nuevo nivel. Esta innata habilidad de una población de peces para contrarrestar el incremento en la mortalidad originado por la explotación humana, se dice ser la "base biológica de una pesquería de rendimiento sostenido" (Nicholson, 1933; Ricker, 1954; Schaefer, 1956).

Es posible describir en simples términos las fuerzas dinámicas que operan sobre un recurso pesquero mediante el empleo de los conceptos formulados por Russell (1931).

Considerando que una población de peces es una unidad biológica separada, que concierne sólo a los peces de tamaño comercial, y que el peso de la población y su aprovechamiento son de interés fundamental, y usando el simbolismo siguiente:

P_1=peso de los peces de tamaños aprovechables por la pesca al comienzo de un intervalo de unidad de tiempo, generalmente considerada como un año,

P_2=peso del stock aprovechable por la pesca al final de un año, (habiendo permanecido la población sin explotar). Entonces:

$$P_2=P_1+A+G-M \qquad (1)$$

expresión en la cual

A=aumento en el peso del stock aprovechable para la pesca, por la adición de nuevos individuos durante el año

G=aumento del peso del stock aprovechable por concepto de crecimiento del mismo durante el año

M=disminución en el peso del stock debido a mortalidad natural durante el año.

Bajo estas condiciones, el sentido en que varía la magnitud de la población depende sobre si las pérdidas en peso ocasionadas por la mortalidad natural son mayores o menores que las recuperaciones por el reclutamiento y el crecimiento. Si las pérdidas se mantienen en balance exacto con las ganancias, el cambio es cero y la magnitud de la población permanece estable. La suma de los tres términos, A+G—M es, en consecuencia, equivalente a la tasa natural de crecimiento anual, o productividad, de la población que en una población inexplotada es cero, en promedio.

De acuerdo con Thompson (1937, página 19), " . . . bajo condiciones naturales, no existiendo una pesquería, se sabe que el stock alcanza un máximum y cesa su crecimiento". Es decir, $P_2=P_1$; A+G—M=O, siendo así como una población de peces en su estado virgen se estabiliza, en promedio, al más alto nivel que le permite el medio ambiente y la tasa natural de crecimiento es cero. La población fluctuará, por supuesto, alrededor de este nivel, debido a los efectos de variables factores del medio ambiente. La imposición de una pesquería sobre esta población tiene el efecto de agregar a la tasa de mortalidad natural, una mayor tasa de remoción debida a la pesquería. Desde luego, la fracción de la población aprovechada por la pesquería constituye la pesca. Introduciendo este nuevo factor en la ecuación (1),

$$P_2=P_1+A+G-M-C \qquad (2)$$

o

$$P_2-P_1=A+G-M-C \qquad (3)$$

donde

C=peso que del stock aprovechable ha sido explotado por la pesquería durante el año.

Como la población en ausencia de la pesca se supone que está ya en su tamaño máximo y la tasa natural de crecimiento es cero, la pérdida en peso igual a la pesca debe provenir del stock acumulado. *Una reducción en tamaño de la población virgen es, en consecuencia, un inmediato e inevitable efecto de la pesquería.*

Según la ecuación (3), es obvio que la población permanece en estado de equilibrio cuando la pesca anual (C) es igual a la tasa anual de crecimiento natural (A+G—M). Este equilibrio puede ser estabilizado a cualquier nivel de tamaño de la población, entre el máximum cuando no está de por medio una pesquería y el tamaño mínimo al borde de la extinción. La pesca que corresponde a la tasa natural de crecimiento ha sido llamada con propiedad "pesca estabilizada", "pesca de equilibrio" o "rendimiento de equilibrio".

Las relaciones entre el volumen de la pesca, el tamaño de la población de peces y el rendimiento, en su punto de equilibrio, pueden ser vistos gráficamente en la Figura 7. El tamaño de la población se reduce inmediatamente que la pesca comienza. Conforme la tasa de actividad pesquera aumenta, el promedio de la pesca de equilibrio aumenta también, aunque no proporcionalmente al volumen del esfuerzo de pesca. Si el promedio de la producción total, a cualquier nivel de intensidad de pesca, es mayor que la correspondiente tasa de crecimiento natural, la población disminuirá su tamaño con el tiempo. Si el crecimiento de la población toma la forma de una curva sigmoidea, como se considera que efectivamente sucede en la mayoría de las especies de peces, eventualmente, al continuar en aumento la intensidad de las actividades pesqueras, la población llega a alcanzar un punto a cierto nivel intermedio del esfuerzo de pesca, donde la tasa natural de crecimiento y la pesca de equilibrio son máximas. Este nivel excepcional de población y la tasa de intensidad de pesca correspondiente a él, son los óptimos teóricos que muchas investigaciones sobre pesquería tratan de determinar y de mantener.

A pesar de que el concepto del máximo rendimiento permanente ha sido mantenido con firmeza entre los investigadores sobre pesquerías y los encargados de la administración de las mismas, en tiempos recientes, especialmente entre los científicos del Nuevo Mundo, otros no han respaldado totalmente este principio como el objetivo principal de la conservación de las pesquerías. Por supuesto, como lo expuso Graham (1956), aún en Europa, en donde fué realizado mucho del trabajo inicial de la biología pesquera, no ha habido una decisión acerca de los objetivos principales de la conservación: si han de concentrarse en la pesca por unidad de esfuerzo, en el tamaño promedio del pez, o en el rendimiento máximo. Un poco alejados de estas consideraciones, pero sin embargo de un interés muy oportuno, son también los comentarios de Gordon (1953, 1954) quien dice que mientras los investigadores de pesquerías y administradores de las mismas se afanan en determinar el máximo rendimiento *biológico* de una población de peces, el máximo rendimiento *económico* puede constituir un criterio más deseable. El máximo rendimiento económico, sin embargo, debe estar siempre al nivel más bajo del esfuerzo de pesca y de la más baja pesca total que el máximo rendimiento biológico.

En el caso de los atunes del Pacífico Este, la Convención que creó la

Comisión Interamericana del Atún Tropical especifica que una de las funciones y obligaciones de la Comisión es "Recomendar en su oportunidad, a base de investigaciones científicas, la acción conjunta necesaria de las Altas Partes Contratantes con el fin de mantener las poblaciones de peces que abarca la Convención en el nivel de abundancia que permita un máximo aprovechamiento continuado".

Volviendo a la Figura 7, un mayor aumento en las actividades pesqueras más allá del nivel correspondiente a la pesca máxima de equilibrio, tendrá como resultado una declinación en el promedio del rendimiento sostenible, y una mayor reducción en el tamaño de la población. Generalmente se considera que una población está siendo pescada en demasía cuando el nivel mencionado de esfuerzo de pesca ha sido sobrepasado. Cualquier grado de intensidad en las actividades pesqueras, que sea menor que el correspondiente a la pesca máxima de equilibrio, permite la calificación de "subexplotada" a la población que es objeto de tales actividades.

El problema de la "super pesca" o pesca intensiva ha originado muy fuertes controversias. Hasta ahora, los cambios observados en poblaciones de peces tan extensamente explotadas y bien estudiadas como las del lenguado (halibut) del Pacífico (Thompson y Bell, 1934), la platija (plaice) del Mar del Norte, el robalo (haddock) y otras especies de peces de fondo (Russell, 1942) y el robalo (haddock) de New England (Schuck, 1949), cambios que responden a variaciones en la intensidad de la pesca, parecen ofrecer amplia evidencia de que para algunas especies de peces, por lo menos, la tasa de explotación por el hombre puede llegar a ser tan intensa como para ejercer un verdadero efecto sobre el número de peces de tamaños comerciales en el océano, y puede aún alcanzar tal grado de intensidad como para reducir la población a un nivel menor que el de la pesca máxima de equilibrio. Algunos investigadores, sin embargo, especialmente Burkenroad (1948) y Huntsman (1953), han sostenido que los cambios en la abundancia de estas poblaciones que han sido atribuídos a variaciones en la intensidad de la pesca, por el contrario pueden haber resultado de las fluctuaciones naturales a largo plazo en la magnitud de la población.

Método de Estudiar el Problema

Si los conceptos teóricos de explotación corresponden completamente a la realidad, como parece que es, los efectos de la pesca pueden deducirse mediante el examen de las relaciones entre la intensidad de la pesca, el tamaño de la población y el rendimiento. Esta forma de abordar el problema corresponde al "nivel 1 de investigación" propuesto por Schaefer (1956, Fig. 1, pág. 18) en virtud del cual se supone que, si las variaciones provocadas por la pesquería sobre el tamaño promedio de la población aprovechable por la pesca tienen gran relación con las variaciones causadas por factores independientes a la actividad pesquera, debe existir una relación susceptible de ser expresada cuantitativamente entre los cambios en

el tamaño de la población, el rendimiento y la intensidad de pesca. Consecuentemente, todo lo que se requiere para este tipo de análisis son las medidas de la pesca total, de la abundancia y de la intensidad de la pesca, que pueden deducirse a menudo de los records estadísticos de una pesquería.

MEDIDAS DE RENDIMIENTO, ABUNDANCIA E INTENSIDAD

Rendimiento

Con el objeto de determinar, respecto de la serie de años pasados, la cantidad total de atún aleta amarilla y barrilete capturada por todos los barcos y todos los sistemas de pesca en la región entera de la pesquería del Pacífico Oriental, fué necesario acudir a varias fuentes. Estas incluyeron las publicaciones de estadística y los records de la misma naturaleza del Laboratorio de Pesquerías del Estado de California, las tabulaciones sobre importación de la Oficina del Censo de los Estados Unidos, varios informes y publicaciones del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos y otras oficinas del Gobierno Estadounidense y de otros gobiernos, y los records de algunas enlatadoras de atún y organizaciones comerciales. Las estadísticas resultantes del rendimiento total (Tabla 10) se consideran correctas y completas con excepciones de poca monta.

La Figura 8 muestra el rendimiento total de los atunes tropicales, por especies, capturados anualmente en el Océano Pacífico Oriental de 1918 a 1954. La tendencia seguida por la pesca de ambas especies combinadas, durante este período, es cercanamente paralela a la pauta marcada por los desembarques de la flota de los Estados Unidos (Tabla 1), porque las cantidades pescadas por los nacionales de otros países fueron pequeñas en relación con las capturadas por los pescadores estadounidenses. Estos datos revelan el predominio mantenido por el atún aleta amarilla sobre el barrilete, con un aumento, en años recientes, en algunas cantidades de barrilete.

Abundancia

La magnitud de la población es más a menudo estimada a través de la pesca por unidad de esfuerzo. A pesar de que los cambios en la pesca por unidad de esfuerzo no reflejan necesariamente los correspondientes cambios en el tamaño de la población a causa de los efectos variables de factores tales como la disponibilidad para la pesca, cambios en la eficiencia de los artefactos empleados, etc. (Ricker, 1940; Marr, 1951), es posible, sin embargo, bajo ciertas condiciones, interpretar la pesca por unidad de esfuerzo en términos de la aparente abundancia de los atunes. Esas condiciones supuestas en cuanto a la "pesca por día de ausencia" y la "pesca por día de actividad" tomadas en cuenta en este análisis, son:

(1) La mortalidad ocasionada por la pesca por unidad de esfuerzo ha permanecido constante, en promedio, en todos los niveles de intensidad de las actividades pesqueras.

(2) Los efectos de los cambios en la disponibilidad para la pesca no han sido correlacionados con los cambios en la abundancia de atunes, y, en consecuencia, pueden ser considerados como una variable del azar.

(3) La cantidad de esfuerzo dedicada a pescar una especie de atún no ha sido materialmente afectada por la abundancia de la otra.

Una cuarta condición que sólo tiene que ver con la pesca por día de ausencia es:

(4) Las variaciones en la abundancia de carnada y en el tiempo empleado en otras actividades que no sean las de obtener dicha carnada o pescar, en promedio, no han tenido efecto en la captura de los atunes, de manera que la misma parte del tiempo total de ausencia del puerto ha sido dedicada cada año a la pesca del atún.

La condición (1) es de difícil medida o apreciación, pero es probablemente cierta. Con respecto a la (2), la disponibilidad necesita ser considerada porque la abundancia aparente es el producto de la abundancia verdadera y de este factor. Cuando las variaciones en la disponibilidad son grandes, el problema de relacionar los cambios en la abundancia con los cambios en la intensidad de la pesca en base a lo dicho anteriormente, viene a ser más difícil.

La condición (3) se enfrenta con la dificultad de acreditar con exactitud el esfuerzo de pesca realizado para la obtención del atún aleta amarilla y del barrilete, porque la pesquería opera simultáneamente con ambas especies. Un problema del mismo carácter se presenta en las pesquerías que usan el sistema de arrastre, en que la red atrapa incidentalmente una variedad de peces, cuando se trata de pescar una o dos especies principales. Un procedimiento frecuentemente aplicado en los estudios sobre rendimiento de pesquerías como las mencionadas, es el de asignar el esfuerzo de pesca, en cada viaje, a la especie que predomine en las recolecciones. Dickie y McCracken (1955) emplearon esta método para el caso del robalo (haddock) de Nueva Escocia y el lenguado (flounder). Ketchen (1953) siguió anteriormente el mismo sistema, tomando en cuenta solamente los viajes en que el producto total de la pesca estaba constituído por un 50 por ciento o más de una variedad de lenguado (lemon sole), al determinar la pesca por unidad de esfuerzo en la pesquería de la Columbia Británica para la obtención de esta especie. Las principales objeciones a esta forma de asignar arbitrariamente el esfuerzo de pesca a una u otra especie, a base de la composición de la pesca total, son las siguientes: (1) la medida de la abundancia no se obtiene a bajas densidades de población; y (2) a niveles intermedios en el tamaño de la población, las estimaciones de la densidad relativa en una especie sufrirán la influencia de los cambios en la abundancia relativa de otras especies.

La condición (3) será objeto de un comentario más extenso en una

sección posterior (página 450) y también la extensión hasta la cual la condición (4) es cierta (página 455).

Pesca por día de ausencia

Fuentes y modo de usar los datos

Al principio del presente estudio se obtuvieron de algunos enlatadores y asociaciones de propietarios de barcos, los records sobre las fechas de llegada y salida de cada una de las embarcaciones de carnada y rederas, y las correspondientes pescas de atún aleta amarilla y barrilete logradas en cada viaje originado y terminado en San Diego y en San Pedro. Estos datos sobre las pescas resultaron bastante extensos con respecto a los barcos de carnada, ya que comprenden las operaciones de casi toda la flota desde el año 1934; en cambio fueron menos adecuados los datos sobre los barcos rederos. Se decidió entonces basar las estimaciones de la abundancia solamente en la información que se refiere a los barcos de carnada.

Estos datos sobre llegada y salida, lo mismo que los referentes al peso de la pesca entregada, sirvieron para determinar el número total de días empleados en el mar cada año, y las capturas de atún aleta amarilla y barrilete efectuadas por cada barco de carnada que pescó atún regularmente, tomando en cuenta todos los viajes, excepto:

(1) Los viajes en que más de un tercio del peso de la pesca descargada estaba constituído por especies que no eran ni atún aleta amarilla ni barrilete.

(2) Los viajes que no se originaron y terminaron en puertos de California.

(3) Los viajes que no llegaron a completarse o que fueron interrumpidos por desperfecto de los barcos u otras razones.

Los viajes realizados entre el final de un año y el comienzo de otro se asignaron al año de la fecha de llegada al puerto. Todos los viajes de resultado cero fueron incluídos cuando ésto pudo ser determinado.

Los datos fueron luego agrupados por el tamaño de los barcos. Se establecieron seis categorías de barcos de carnada, con límites arbitrariamente determinados para cada clase de tamaño con base en el tonelaje. Las clases de tamaño son:

Clase 1—Capacidad para 50 toneladas de pesca.

2—Capacidad de 51 a 100 toneladas.

3—Capacidad de 101 a 200 toneladas.

4—Capacidad de 201 a 300 toneladas.

5—Capacidad de 301 a 400 toneladas.

6—Capacidad para más de 400 toneladas.

La capacidad de tonelaje se empleó para agrupar los barcos en cada una de las antes mencionadas categorías como una medida de conveniencia, ya que es la forma standard usada por la industria para medir el tamaño de los barcos. La capacidad real fué tomada en cuenta cuando era conocida. Cuando no se disponía de esta información, como en el caso de algunas viejas unidades que hacía años estaban fuera de la pesquería, la capacidad de tonelaje se estimó de acuerdo con los records de pescas anteriores, tomando el *promedio* de las cantidades mayores de pescado descargadas en varios viajes, como una medida de la capacidad del barco. La pesca total más grande por cada viaje no fué considerada porque la capacidad varía un poco con el tamaño del pescado. Sin embargo, este método no era completamente satisfactorio porque tendía a subestimar la capacidad de aquellos barcos que en una forma constante habían tenido la mala suerte de no llenar nunca sus bodegas de pescado o que habían hecho solamente unos pocos viajes. En consecuencia, para encontrar un método alternativo que permitiera estimar las capacidades y verificar las que habían sido estimadas a través de los records de pesca, se hizo un estudio estadístico de la relación entre la capacidad en toneladas y otros índices del tamaño de los barcos tales como el tonelaje bruto y neto, que son conocidos en todas las embarcaciones. Se encontró razonable que la capacidad de un barco debe estar relacionada tanto con su tonelaje bruto como con el neto, ya que los tres son funciones del tamaño, y que si estas relaciones pudieran describirse estadísticamente en cuanto a los barcos de capacidad conocida, sería posible estimar entonces, dentro de ciertos límites de error y con base en los tonelajes bruto y neto, el que resulte mejor, la capacidad de las embarcaciones de las cuales faltaba esa información.

Para este análisis solamente se incluyeron los barcos de carnada que se encontraban activos en la pesquería en 1951 y de los cuales teníamos información sobre su capacidad. Los tonelajes bruto y neto de cada uno de estos pesqueros se obtuvieron de la edición de 1951 correspondiente a una publicación anual del Departamento del Tesoro de los Estados Unidos intitulada "Barcos Mercantes de los Estados Unidos", en la que figura una serie de detalles sobre la construcción de todas las embarcaciones documentadas. Los records sobre registros de barcos del Departamento de Aduana de los Estados Unidos en San Pedro y San Diego, fueron también consultados para obtener detalles adicionales.

Los barcos de carnada fueron separados en dos grupos: el de los construídos antes del 1°. de enero de 1942 y aquellos que se fabricaron después de esta fecha. Esto se hizo para examinar la posibilidad de que los adelantos tecnológicos a través de los años hubieran traído cambios básicos en las características de los navíos, que afectaran su capacidad de tonelaje. En cada grupo de barcos de carnada, la capacidad conocida de cada unidad fué graficada en relación con su tonelaje bruto y neto. Los trazados de regresión linear fueron entonces ajustados a cada juego de datos, por el

empleo de las técnicas que describió Snedecor (1946). Los análisis de regresión fueron hechos de acuerdo con la capacidad de tonelaje bruto y la capacidad de tonelaje neto de los barcos de carnada construídos antes de 1942, de los fabricados después de ese año, y tomando en cuenta los datos combinados. Las estadísticas de las diversas computaciones aparecen en la Tabla 11, y las regresiones se muestran en las Figuras 9 y 10.

El análisis de covarianza (Tabla 12) reveló que no habían diferencias de significación en las regresiones de capacidad entre los tonelajes neto y bruto de los barcos construídos antes de 1942 y los fabricados después de ese año, indicando que se había mantenido por años la misma relativa forma en los diversos tipos de tamaño de los barcos de carnada. Sin embargo, los errores standard de estimación fueron mayores en todas las categorías en cuanto a la regresión de capacidad de tonelaje neto que para el tonelaje bruto y, como podía esperarse de ésto, la variación de los coeficientes de regresión fué también un poco más baja en el tonelaje bruto. Consecuentemente, se sacó la conclusión de que la capacidad (Y) puede ser mejor estimada por el tonelaje bruto (X) mediante el empleo de la ecuación para la línea de regresión aplicada a todas las embarcaciones, a saber:

$$Y = -.89 + .75\ X \qquad (4)$$

El error standard de estimación (27.59 toneladas) de la ecuación de regresión es medianamente grande, pero se consideró que la fórmula ofrecía un medio útil de obtener estimaciones que podrían ser cotejadas con aquellas determinadas de las estadísticas sobre los desembarques.

Después de que se establecieron las capacidades para todos los barcos de carnada cuyos datos sobre los viajes se conocían, fueron agrupados en clases atendiendo a los tamaños. Entonces se hicieron las computaciones de la pesca promedio de atún aleta amarilla y barrilete por día de ausencia del puerto de origen, por cada clase-tamaño, en cada año, dividiendo la pesca total de cada especie por el número completo de días empleados en el mar durante el año en la obtención de esa pesca. Los valores por especies, tamaños-clases y años, de la pesca por día de ausencia, pueden encontrarse en la Tabla 13.

Resultados en la pesca

La pesca por día de ausencia, que incluye los efectos variables del tiempo y otros factores, refleja simplemente el resultado general de los pescadores en la captura de atún aleta amarilla y barrilete. Con respecto a los barcos de carnada, la pesca por día de ausencia puede ser afectada no solamente por la abundancia y disponibilidad del atún, sino también de los peces de carnada que deben capturarse antes de salir en busca de aquél.

Las variaciones en el resultado de la pesca de carnada para el atún aleta amarilla, de 1934 a 1954, están ilustradas en la Figura 11. Los primeros años de la serie, hasta más o menos 1944, presentan el mismo cuadro general para casi todos los pesqueros de carnada, con una disminu-

ción general en el éxito de la pesca en el período de la pre-guerra, seguida de un avance después de comenzadas las hostilidades. Sin embargo, en los años subsiguientes, aparecen ciertas marcadas diferencias entre los resultados obtenidos por las clases 1 y 2 de los barcos de carnada, considerados conjuntamente, y el resto de la flota. Estas diferencias se debieron probablemente a la naturaleza de la pesquería durante e inmediatamente después de los años de guerra. En el período de la Segunda Guerra Mundial, como se dijo anteriormente, la pesca se concentró en alto grado en las áreas "locales". Parece que la densidad de los peces en estas aguas disminuyó considerablemente como consecuencia de la creciente producción obtenida en esta zona (Figura 6) de 1945 a 1948, lo que se reflejó en el marcado descenso de la pesca por día de ausencia en las dos categorías de tamaños más pequeños de barcos que operan solamente en esa región. Desde los alrededores de 1947, cuando se reanudó la pesca en gran escala en las aguas meridionales y los barcos de mayores tamaños regresaron a aquellas más apartadas zonas, se disminuyó la presión en las áreas "locales" y los barcos de carnada de las clases 1 y 2 lograron cada vez un mejor promedio en la pesca de atún aleta amarilla, a partir de ese año y hasta 1952 y 1953. Después de la tregua que la pesca en áreas distantes experimentó durante el tiempo de guerra, las barcos de carnada de las mayores categorías encontraron atún aleta amarilla en gran abundancia. Con la creciente intensidad de la pesquería, desde más o menos 1945, y con el aumento en los desembarques, el éxito en la pesca para estos barcos de mayores tamaños declinó constantemente hasta 1953, mostrando sin embargo un ligero ascenso en 1954.

La pesca de barrilete (Figura 12) ha fluctuado irregularmente de un año a otro; la variabilidad de la pesca por día de ausencia parece haber sido mayor para los barcos de las clases 5 y 6, porque los datos sobre éstos se basan solamente en unos pocos viajes y porque en los primeros años de la pesquería, dichos barcos sólo pescaban barrilete incidentalmente, como se demostrará más adelante. Aunque no pueden percibirse tendencias definitivas, parece que en años recientes la pesca de barrilete por día de ausencia ha aumentado, en promedio, para los barcos de carnada de mayores tamaños.

La pesca por día de ausencia como una medida de la abundancia

La pesca de atún aleta amarilla y barrilete por día de ausencia se considera sobre la base de una igual distribución del esfuerzo de pesca para ambas especies. Sin embargo, parece que los barcos de carnada están siempre a la pesca del primero, porque éste alcanza mejores precios promedios, es más accesible y se captura más fácilmente que el barrilete. Surge la cuestión, entonces, sobre la posibilidad de que los pescadores algunas veces dejen a un lado la oportunidad de atrapar el barrilete para pescar el atún aleta amarilla. Este asunto fué estudiado al graficar, para cada clase-tamaño de barcos, desde 1934 hasta 1953, la pesca de barrilete por

día de ausencia, comparativamente con la del atún aleta amarilla en el mismo año. La Figura 13 muestra gráficamente la correlación.

En cuanto a las clases 1, 2 y 3, no hay evidencia de que la pesca para la obtención de una especie haya sido influída por la abundancia de la otra. No obstante, la clase 4 anduvo principalmente detrás del atún aleta amarilla, de 1934 a 1941, con un aumento muy brusco en la pesca de barrilete (por día de ausencia) después de 1941. En consecuencia, pareciera que, particularmente en esta clase-tamaño de barco, la pesca para la obtención de barrilete antes de 1942 puede haber sido afectada en algo por la abundancia de atún aleta amarilla. También es obvio que para las clases 5 y 6, la pesca de barrilete vino a ser más intensa desde los alrededores de 1948, cuando la abundancia de atún aleta amarilla cayó a un nivel que correspondía a una producción de 6500 a 7000 libras por día de ausencia. Los pescadores aparentemente empezaron a pescar el barrilete, que anteriormente había sido visto con indiferencia, cuando el atún aleta amarilla comenzó a escasear. Sin embargo, se cree que esto no redujo el esfuerzo efectivo sobre el atún aleta amarilla, porque se sabe, gracias a una revisión de los datos arrojados por los registros de bitácora de los barcos y por las informaciones sobre las prácticas de pesca, que el tiempo que se emplea en coger el pescado es apenas una pequeña fracción de la totalidad del tiempo en que las embarcaciones se encuentran en el mar, la mayor parte del cual se dedican a explorar.

De todo esto se llegó a la conclusión de que la pesca por día de ausencia para la obtención de atún aleta amarilla, en las seis clases de tamaños de los barcos pesqueros, podría considerarse como una medida de la abundancia de esta especie, pero que la pesca por día de ausencia de sólo las clases 1 a 3 en los años anteriores a 1942 y sólo las clases 1 a 4 en ese año y en los posteriores, podría ser considerada en forma similar para el barrilete.

Regulación de la pesca por día de ausencia

En vez de seguir las variaciones en la abundancia de atún, reflejadas en la pesca por día de ausencia de cada clase-tamaño de barco, individualmente consideradas, resulta más útil computar un índice combinado que mida los cambios de la abundancia en unidades standard de esfuerzo susceptibles de ser comparadas de un año a otro. El método de regulación puede descontar tanto las diferencias en la habilidad que en la pesca tengan los barcos de diferentes tamaños, bajo condiciones iguales de abundancia, como las que surgen de la capacidad de las embarcaciones de carnada de mayores tamaños que pescan en áreas de más altas concentraciones de atún. Las diferencias en la habilidad de pescar que dependen del tamaño de los barcos bajo condiciones iguales de abundancia, pueden descontarse por medio de los factores de eficiencia. Estos pueden ser estimados por la comparación del trabajo de los barcos de las diferentes clases de tamaño, cuando pescan en la misma área y al mismo tiempo (Gulland, 1955). Sin

embargo, los records de que se dispone no han permitido la determinación de tales factores con respecto a la pesca por día de ausencia, de modo que, alternativamente, se calculó un juego de factores de corrección para regular la pesca por día de ausencia de cada una de las categorías de tamaño consideradas individualmente. Estos factores de corrección, que se aplican a ambas fuentes de variación, fueron obtenidos para cada clase de tamaño de barco, dividiendo la media geométrica de los montos de pesca por día de ausencia de cada categoría de barco, por especies, por la media geométrica de los valores de la pesca por día de ausencia de una clase de barco de tamaño standard y para la misma especie, ambas medias geométricas promediadas sobre la misma serie de años (Tabla 13). Fueron usados solamente los datos de aquellos años en que la pesca por día de ausencia se basó por lo menos en 10 viajes de cada clase-tamaño, de la 1 a la 5, y en 5 viajes de la clase 6, a fin de evitar algunas de las grandes variaciones que resultarían si sólo se utilizaran los datos basados en muy pocos viajes (Tabla 13). En cuanto al atún aleta amarilla, los factores de corrección fueron computados en relación con una clase de barco de carnada, la 4, que es la más representativa de las embarcaciones de la flota en la actualidad. En lo que se refiere al barrilete, un juego de factores de corrección fué computado para los años 1934 a 1941, empleando los datos de la pesca por día de ausencia de las tres clases más pequeñas de tamaño, y se llegó a obtener un juego separado de factores para el período 1942-1953, incluyendo en estos años la pesca por día de ausencia de los barcos de la clase 4 como adición a los datos correspondientes a las clases 1 a 3. Todos los factores relacionados con el barrilete fueron regulados a la clase 3.

La pesca por día standard de ausencia fué luego obtenida por cada año, por cada especie (incluyendo el año 1954 y aquellos no representados en los cómputos de los factores de corrección), mediante la suma de los productos del factor de corrección y el número de días de ausencia de cada clase-tamaño incluídos en la estimación, considerando todas las clases de tamaño, para obtener el total de días standard, y luego dividiendo la correspondiente pesca de especies sumada a todas las clases de tamaño que fueron consideradas en el estimado, por el número total de días standard. Los resultados se dan en la Tabla 15.

El método para calcular los factores de corrección y emplearlos en la regulación de las unidades de esfuerzo puede describirse algebraicamente como sigue:

Tenemos

i=intervalo de tiempo (año)

j=área

k=categoría de tamaño

c_{ijk}=cantidad de pescado procedente del área j durante el año i capturada por f_{ijk} unidades de esfuerzo de pesca en la categoría de tamaño k

La pesca por unidad de esfuerzo en el área j durante el intervalo de tiempo i (año) para la categoría de tamaño k es:

$$d_{ijk}=\frac{c_{ijk}}{f_{ijk}} \tag{5}$$

Sumando todas las áreas en un año dado y usando un punto convencional para designar los totales correspondientes al sub-índice respectivo, obtenemos:

$$d_{ik}=\frac{c_{i\cdot k}}{f_{i\cdot k}} \tag{6}$$

Consideremos que la categoría de tamaño standard es "s" y tendremos

$$d_{ijs}=\frac{c_{ijs}}{f_{ijs}} \tag{7}$$

y la suma de todas las áreas en un año dado

$$d_{is}=\frac{c_{i\cdot s}}{f_{i\cdot s}} \tag{8}$$

El factor de corrección, $\hat{A}_k$, tomando la densidad medida por la categoría k en todas las áreas, y promediado entre un número, n, de años en relación con la densidad medida por la categoría s en las mismas áreas y períodos, se estima así:

$$n\log \hat{A}_k = \sum_{i=1}^{n} \log \frac{c_{i\cdot k}}{f_{i\cdot k}} - \sum_{i=1}^{n} \log \frac{c_{i\cdot s}}{f_{i\cdot s}} \tag{9}$$

El esfuerzo total, en unidades standard, en un año dado corresponde a:

$${}_s\hat{f}_i = \sum_{k=1}^{n} \hat{A}_k f_{i\cdot k} \tag{10}$$

y la abundancia en un año dado se estima:

$${}_s\hat{d}_i = \frac{c_{i\cdot\cdot}}{{}_s\hat{f}_i} \tag{11}$$

Pesca por día de actividad

Recolección de datos contenidos en los registros de bitácora

Una medida más exacta de la abundancia que la de la pesca por día de ausencia, es la de la pesca por día de actividad, porque no se toma en cuenta el tiempo empleado en obtener la carnada y en otras actividades no directamente relacionadas con la captura del atún, y así queda eliminada una fuente de posible error (condición 4, ver página 446). Sin embargo, esta medida no puede ser computada tan fácilmente como la pesca por día de ausencia, porque tiene que ser tomada de los datos compilados directamente por los pescadores en sus registros de bitácora. En consecuencia, uno de los primeros pasos de la Comisión del Atún fué el de establecer un

medio efectivo de obtener records detallados de las operaciones de cada uno de los barcos que llevan sus diarios de navegación, y de los resultados de dichas operaciones.

El sistema de los registros de bitácora adoptado por la Comisión es similar al que ha sido empleado con buen éxito durante muchos años por la International Pacific Halibut Commission. Estos libros de registro para las actividades pesqueras se obsequian a los pescadores y las informaciones sobre los resultados en la captura de atún y de carnada se obtienen de dichos registros al final de cada viaje. Para asegurar la integridad de las empresas particulares, todos los datos de los registros de bitácora se mantienen en absoluta reserva, dándoseles un carácter confidencial.

La efectividad de un programa como éste depende, por supuesto, de la cooperación que voluntariamente den los pescadores. A este respecto, la Comisión ha tenido suerte, ya que desde 1951 ha podido recoger la información correspondiente a cada año sobre más del 85 por ciento del total de los viajes que en la pesca de atún han efectuado los barcos de carnada. La cooperación por parte de la flota de barcos rederos ha sido igualmente efectiva.

Al mismo tiempo que se han recogido los datos corrientes de la pesca, se ha hecho un esfuerzo para encontrar tantos registros de bitácora viejos como ha sido posible, algunos todavía en poder de los pescadores. Esta búsqueda ha sido bastante productiva: se logró conseguir un número apreciable de viejos registros, la mayor parte de ellos pertenecientes a la flota de barcos de carnada. Claro está que a pesar de que se han logrado completar algunas series de datos históricos sobre la pesca en los primeros años, los resultados han sido mejores, como era de esperarse, con respecto al período más reciente (desde los alrededores de 1947).

Sistema estadístico por áreas

Para usar conjuntamente con la información de los registros de bitácoras, fué establecido un sistema estadístico por áreas. De acuerdo a este sistema, la región oriental del Océano Pacífico ha sido dividida en zonas llamadas "subdivisiones", cuyos límites son las líneas de latitud y longitud divisibles por cinco y están codificadas por la latitud y longitud del ángulo sureste (Figura 14). Cada subdivisión, a su vez, está subdividida en 25 cuadrados de un grado, aproximadamente 60 millas náuticas por cada lado, y numerados de 1 a 25 comenzando en el ángulo sureste y ordenados de este a oeste y de sur a norte. En esta forma, cada 60 millas cuadradas dentro de la región global del Pacífico Este se designan por un número compuesto de siete dígitos, excepto los situados al sur del ecuador que requieren ocho dígitos.

Las ventajas de este tipo de esquema estadístico son varias. Las áreas son identificables en cualquier carta geográfica standard, y su codificación permite el uso de tarjetas perforadas para sumarizar los datos por sub-

áreas. Los cuadrados de un grado, así como los de cinco grados, pueden ser fácilmente agrupados con otras áreas mayores según se desee.

Análisis y modo de usar los datos de los registros de bitácora

El análisis de la información obtenida sobre cada viaje permite determinar el número de días empleados en la pesca de atún y las cantidades de atún aleta amarilla y barrilete pescadas durante esos días. Cada día en que un clíper ha tenido carnada a bordo y ha estado en un área en que la pesca se efectúa normalmente en la estación, se considera haber sido "un día en la pesca de atún", no importa si ha capturado peces o no, a menos que resulte obvio, de las anotaciones de los registros de bitácora, que navegaba sin buscar pesca.

La pesca por día de actividad en la obtención de atún aleta amarilla y barrilete, por clase-tamaño de barco de carnada, en los años en que se han obtenido datos de los registros de bitácora, se computó en la misma forma que ha sido descrita con respecto a la pesca por día de ausencia, con la excepción de que, en lugar de tomar en cuenta el total de días en que las embarcaciones han estado fuera del puerto se ha considerado el número exacto de días empleados en la pesca. La Tabla 16 presenta estos valores.

Relación entre la pesca por día de actividad y la pesca por día de ausencia

El porcentaje de tiempo dedicado a la pesca en relación con la duración de todo el viaje, puede ser determinado para cada clase-tamaño y año de los cuales se tenga información. Estos datos estadísticos han sido graficados en la Figura 15, junto con el porcentaje de tiempo empleado en conseguir carnada, durante el período 1934-1954, tomando en cuenta solamente los años en que por lo menos se han incluído 10 viajes en los datos correspondientes a las clases 1 a 5, y 5 viajes en los de la clase 6. La proporción del tiempo dedicado a la pesca fluctúa de un año a otro en cada clase-tamaño, y mientras las desviaciones son mayores en los primeros años, probablemente por la mucho menor cantidad de años representados, en general los valores tienden a caer alrededor de un nivel promedio ligeramente mayor de un 50 por ciento. Atendiendo a la relativa estabilidad de estas estadísticas, al menos durante casi todos los años a que se ha hecho referencia, es de admitir que la pesca por día de actividad y la pesca por día de ausencia en cada clase-tamaño guardan una muy cercana relación. Este es, en realidad, el caso que presenta la Figura 16, en el que la pesca de atún aleta amarilla, por dia de actividad de las clases 1 a 6, se grafica en comparación con la pesca por día de ausencia de las mismas clases, empleando nuevamente los datos de aquellos años que comprenden más de 10 viajes para las cinco primeras categorías de tamaño y más de 5 viajes para la categoría 6. Con respecto al barrilete (véase la Figura 17), los datos se han graficado de igual modo pero solamente para las clases 1 a 4. La relación entre los dos índices para el atún aleta amarilla es casi lineal; en-

cuentra su mejor descripción en una ecuación polinomial de segundo grado, mientras que, con referencia al barrilete, los puntos se ajustan mejor a una línea recta. La importancia de estas relaciones es la de que proporcionan un medio para estimar la pesca por día de actividad en los años que no están bien representados por los datos de los registros de bitácora, pero durante los que sí se tiene información de una buena pesca por día de ausencia.

Regulación de la pesca por día de actividad

Los resúmenes por año de la distribución de la pesca y del esfuerzo representado por los barcos de las diferentes clases-tamaños, por sub-áreas (de acuerdo con la división estadística), resúmenes obtenidos de los informes que contienen los registros de bitácora, permiten calcular los factores de eficiencia para regular la pesca por día de actividad en términos de un índice único. Estos factores de eficiencia fueron computados para cada año, de 1947 a 1953, determinando para cada sub-área mayor a la que corresponde una anotación de por lo menos 20 días de esfuerzo de pesca de cada clase-tamaño, la proporción de la pesca por día de actividad de las clases 1 a 6, en relación con la clase 4, con referencia al atún aleta amarilla, y de cada una de las clases 1 a 4, en relación con la clase 3, con referencia al barrilete; y luego tomando la media geométrica de los valores de la proporción para una clase-tamaño y año dados, determinados para las diversas sub-áreas representadas. En otras palabras, usando las mismas anotaciones empleadas anteriormente, las estimaciones de los factores de eficiencia para cada clase-tamaño k en relación con la clase-tamaño s en cada área j en un año dado i, resulta:

$$\hat{E}_{ijk} = \frac{C_{ijk}}{F_{ijk}} \cdot \frac{F_{ijs}}{C_{ijs}} \qquad (12)$$

El factor medio de eficiencia ($\hat{E}_{ik}$) para la clase k en el año, se obtuvo entonces al tomar las medias geométricas de los diversos valores de $\hat{E}_{ijk}$ para las diferentes j's que, en este caso, son las sub-áreas mayores o subdivisiones estadísticas de 5 grados por cada lado.

Habiendo determinado estos factores de eficiencia (Tabla 17), las unidades de esfuerzo de las diversas categorías de tamaño en un año dado se calcularon en unidades standard y se sumaron sobre todas las categorías, así:

$$_s\hat{F}_i = \sum_{k=1}^{n} \hat{E}_{ik} F_{i \cdot k} \qquad (13)$$

y la pesca por unidad de esfuerzo standard, para cada especie, se representó, entonces, con la siguiente fórmula:

$$_s\hat{D}_i = \frac{C_{i..}}{_s\hat{F}_i} \qquad (14)$$

Comparación de la pesca por día de actividad derivada de los datos de los registros de bitácora, con la pesca por día de actividad calculada según los datos de la pesca por día de ausencia

En la Figura 18 se representan gráficamente, en relación con el atún aleta amarilla y el barrilete, los siguientes valores: (A) La pesca por día de actividad basada en la información de los registros de bitácora, regulada para los años anteriores a 1947 por los valores medios de los factores de eficiencia para cada clase-tamaño durante el período 1947 a 1951 (Tabla 17), y para los años posteriores a 1947 por factores anuales de eficiencia; y (B) La pesca por día standard de actividad basada, para todos los años, en la pesca por día de actividad estimada, para cada clase-tamaño y para cada año, usando el promedio de la pesca por día de ausencia para la clase-tamaño y año correspondientes, mediante el empleo de la apropiada ecuación de regresión de las Figuras 16 y 17, y regulada de la misma manera que se acaba de indicar en (A). Véase Tabla 18.

Como puede apreciarse por dichos gráficos, tanto respecto del atún aleta amarilla como en relación con el barrilete, las estimaciones de la abundancia hechas a través de la información de los registros de bitácora, son por lo general más altas que las derivadas de los records sobre día de ausencia, siendo las diferencias mayores durante los años de la pre-guerra, en que los registros de bitácora sólo se obtuvieron de una pequeña parte de la flota, que en los últimos años durante los cuales los datos son más representativos. Esta diferencia de nivel indica: que los mejores pescadores llevaron registros de bitácora o dejaron constancia en otra forma; y que aquéllos suficientemente inteligentes, que mantuvieron records detallados de sus operaciones, lograron también generalmente mejores resultados en la pesca que los que no llevaron registros. Las mismas conclusiones podrían derivarse de los barcos que dedicaron menos tiempo en la captura de carnada y más tiempo en la pesca, en los primeros años, pero a juzgar por la Figura 15, pareciera que los barcos de carnada en realidad emplearon algo menos de tiempo tanto en la obtención de peces-cebo como en la de atún durante este período.

A pesar de que en los años posteriores a 1941, las diferencias entre los dos índices de abundancia del atún aleta amarilla no son lo suficientemente grandes como para que el empleo de cualquiera de ellos pudiera alterar significativamente las tendencias generales, las estimaciones por los datos de los registros de bitácora correspondientes a los años anteriores a 1941 es obvio que darían como resultado una superestimación de la abundancia aparente. En cuanto al barrilete, las variaciones entre las dos medidas son grandes durante casi todos los años, hasta 1951. En consecuencia, se decidió aplicar a ambas especies un índice de abundancia compuesto, fundamentado en los valores de la pesca regulada, por día de actividad, estimada a través de la pesca por día de ausencia hasta el año 1950, incluso éste, y durante los años posteriores a 1951, cuando el sistema de registros de

bitácora de la Comisión se encontraba operando de lleno, para utilizar los datos de la pesca por día de actividad computados directamente de los records de dichos libros, los cuales son bastante completos por cuanto cubren casi todas las actividades de la flota de carnada en los años más recientes. Los valores seleccionados del índice compuesto aparecen en la columna 2 de las Tablas 19 y 20.

La habilidad de los pescadores que llevan registros en sus bitácoras como medio para lograr una pesca proporcionalmente mayor, en promedio, que los que no los llevan, tiene interesantes connotaciones con respecto al trabajo de Thompson, Dunlop y Bell (1931) sobre el lenguado (halibut) del Pacífico. Los datos de la pesca por unidad de esfuerzo, correspondientes a los primeros años de la pesquería del lenguado, estaban basados en sólo unos pocos diarios de a bordo—los de cinco barcos seleccionados en el período 1902-1915 (Thompson, 1916)—de manera que si únicamente los mejores pescadores de lenguado llevaron libros, como parece que igualmente ocurre con los pescadores de atún, las estimaciones del tamaño de la población hechas a base de la pesca por unidad de esfuerzo expresaron abundancias aparentes más altas que las encontradas en realidad por la mayoría de los pescadores. En efecto, esta posibilidad fué reconocida más tarde por Thompson (1950). En este caso, sería erróneo intentar la interpretación de los datos históricos de los registros de bitácora en términos de la abundancia, a menos que se tengan a mano otros medios para calibrar estas estimaciones; por lo menos deberá tenerse muchísimo cuidado al interpretar los resultados.

Comparación de la pesca por día de ausencia, regulada por factores de corrección, con la pesca por día de actividad, regulada por factores de eficiencia

Tenemos a nuestra disposición dos índices de abundancia: la pesca por día de ausencia, standard, y la pesca por día standard de actividad. Puede suponerse, *a priori,* que las dos son compatibles a causa de las relaciones entre ambas, demostradas previamente (Figuras 16 y 17); y que la pesca por día de ausencia, standard, presenta un poco más de variación que la pesca por día standard de actividad, porque los factores de eficiencia no toman en cuenta la capacidad de algunos barcos para llegar hasta áreas lejanas, de más alta densidad en peces. Esta diferencia, al estar relacionada con el tamaño del barco, hace esperar que la pesca por día standard de ausencia pueda estar afectada, en cierto grado, en relación con la pesca por día de actividad, por los cambios en la composición de tamaño de la flota, de un año a otro.

En la Figura 19 puede observarse la extensión que demuestran nuestros datos con respecto a lo que acabamos de exponer. En dicha figura se muestran gráficamente la pesca por día standard de ausencia y la pesca por día standard de actividad, para la obtención de barrilete en el recuadro inferior, y para la obtención de atún aleta amarilla en el recuadro superior.

No tomando en consideración las diferencias en nivel, las dos curvas son similares en su curso para ambas especies, pero hay algunas diferencias notables que se acentúan durante el período de guerra y que son aún más pronunciadas para el atún aleta amarilla. La pesca por día standard de ausencia indica que la abundancia del atún aleta amarilla del Pacífico Oriental se ha recobrado desde el bajo nivel que alcanzó en 1941 hasta un nivel que en 1944 sobrepasó al que había llegado en cualquiera de los años de la pre-guerra, en tanto que el aumento no parece ser tan grande visto a través de la pesca por día standard de actividad. La proporción en el decrecimiento posterior, hasta 1947, es también algo menos pronunciada de acuerdo con esta última medida.

Estas variaciones son explicables, con base en las diferencias debidas a los factores empleados para la regulación. Como los factores de corrección para las clases-tamaños más pequeñas son también menores, en relación con un barco de la clase 4, que los factores de eficiencia para las mismas clases, en los años de la pre-guerra durante los cuales gran número de pequeñas embarcaciones se encontraba en actividad, el empleo de factores de corrección produce un número total de días standard menor que los factores de eficiencia para los mismos años. Esto se refleja en la curva correspondiente a la pesca por día de ausencia, usando los factores de corrección, la que se encuentra a un nivel relativamente más alto que la pesca por día de actividad, basada en los factores de eficiencia, en el mismo período. Durante la guerra, cuando la pesquería se efectuaba en su mayor parte por embarcaciones pequeñas, los efectos de la corrección se acentúan, y en los años de la post-guerra la curva de ajustamiento se aproxima a la obtenida de los factores de eficiencia, porque ya en esa época el número de barcos de carnada dentro de la flota era mucho más reducido. Con respecto al barrilete, los efectos del ajustamiento operan de la misma manera, pero no son tan marcados porque sólo se emplea el valor de la pesca por unidad de esfuerzo de las cuatro clases-tamaños más pequeñas de barcos. En consecuencia, pareciera que las estimaciones de la abundancia, a base de la pesca por día standard de actividad, presentan un cuadro algo más digno de fe sobre los giros experimentados en la abundancia promedio del atún aleta amarilla y el barrilete, en toda la región de la pesquería, que las basadas en la pesca por día standard de ausencia.

Intensidad de la Pesca

Cálculo de la relativa intensidad de la pesca

Dada una estimación de la pesca total anual de una de las especies de atún en toda la región del Pacífico Este, y una estimación de la abundancia en términos de la pesca por día standard de actividad, la relativa intensidad total de la pesca de dicha especie puede ser calculada dividiendo la producción total anual entre la pesca por unidad standard de esfuerzo. El cálculo de la intensidad de la pesca para la obtención de atún aleta amarilla y barri-

lete aparece en la columna 3 de las Tablas 19 y 20, respectivamente, con indicación de las unidades de esfuerzo en términos de días en la pesca, regulada en la clase 4 de barcos de carnada, en cuanto al atún aleta amarilla, y en la clase 3 del mismo tipo de embarcaciones, con respecto al barrilete.

RELACIONES ENTRE LA ABUNDANCIA Y LA INTENSIDAD DE LA PESCA

Las relaciones entre la abundancia de las especies de atún aleta amarilla y barrilete del Pacífico Oriental y la intensidad de la pesca, pueden ser examinadas a través de la serie de años comprendida entre 1934 y 1954 inclusive. (Figuras 20 y 21).

Atún Aleta Amarilla

En relación con esta especie (Figura 20), la pesca total y la intensidad de las actividades pesqueras aumentaron de 1934 hasta el comienzo de la guerra, pero este aumento fué acompañado de una constante disminución en la abundancia. Al declinar la intensidad de las actividades pesqueras como resultado de las exigencias del tiempo de hostilidad, la densidad del stock de atún aleta amarilla se recobró parcialmente durante la Segunda Guerra Mundial, hasta llegar casi a los niveles de la pre-guerra, pero el rendimiento total decayó. Sin embargo hacia los últimos años de la guerra, cuando aumentó el tamaño de la flota pesquera, la producción total también se levantó bruscamente, pero como las acumulaciones se habían desgastado, la densidad de la población de peces reanudó su curso hacia abajo. A pesar de que la intensidad de la pesca ha variado muchísimo en los últimos años, sobre todo a causa de factores económicos, la línea del esfuerzo pesquero subió desde 1944 hasta 1953, y se registró también la correspondiente merma en la abundancia. La pesca total continuó en aumento hasta los alrededores de 1950, pero después también siguió un curso descendente. Estos cambios en la abundancia del atún aleta amarilla del Pacífico Oriental, que guardan íntima relación con los correspondientes cambios en la intensidad de las actividades pesqueras, ofrecen una prueba muy convincente de que, en lo que se refiere a esta especie, el volumen de la pesca ha podido afectar el tamaño promedio del stock aprovechable para la explotación.

El notable aumento en la abundancia de atún aleta amarilla durante los años de la Segunda Guerra Mundial constituye el argumento más poderoso en favor de la conclusión anteriormente expuesta. Este aumento coincidió con la restricción de las actividades pesqueras, resultante de circunstancias independientes de la condición de la pesquería o del stock. En otras pesquerías marinas se observó un crecimiento similar en las poblaciones de peces durante la guerra lo que ha sido atribuído también a las treguas en la pesca inherentes al tiempo de las hostilidades. Russell (1942) cita las poblaciones del robalo (haddock) del Mar del Norte y de la platija

(plaice) islándica, entre las que crecieron en tamaño después de la Primera Guerra Mundial. Margetts y Holt (1948), al referirse a los efectos de la Segunda Guerra Mundial sobre las pesquerías de arrastre de la región inglesa del Mar del Norte, expresan (página 37) lo siguiente: "La reposición de los stocks de peces de fondo en el Mar del Norte, que se manifestó entre 1945 y 1946, fué imputable directamente al cese de la pesca entre 1940 y mediados de 1945 en la mayor parte de aquella región".

Barrilete

La pesca de esta especie (Figura 21) por día de actividad, presenta grandes fluctuaciones de un año a otro, que no parecen estar relacionadas con los cambios en la intensidad de la pesca. Desde los alrededores de 1945, el esfuerzo de pesca ha aumentado considerablemente y ha sido acompañado por una ligera tendencia hacia un aumento en la pesca por día de actividad. El resultado ha sido un tremendo incremento en la pesca total, que fué interrumpido de 1950 a 1952, pero que ha continuado desde entonces. La falta de correlación entre las variaciones en la abundancia del barrilete y las variaciones en la intensidad de la pesca, hace pensar que otros factores ajenos a la pesquería han sido los causantes de las variaciones en la abundancia de esta especie.

Posibles Efectos de la Competencia en Equipos de Pesca

No es probable que la relación observada entre las variaciones en la abundancia aparente del atún aleta amarilla y la intensidad de la pesca sea, en su origen, enteramente fortuita, pero es posible considerar que otros factores independientes de los efectos de la pesca sobre el tamaño de la población hayan sido responsables.

En vista de que la disminución en la abundancia de esta especie coincide con el aumento apreciable y rápido en el esfuerzo de pesca de los años recientes, viene a la mente el efecto que puede causar la competencia en los equipos de pesca sobre la pesca por unidad de esfuerzo, considerado este efecto como una medida de la densidad de la población. Puede argumentarse que la merma en la pesca por día standard de actividad para la obtención de atún aleta amarilla no representa exactamente una disminución en las cantidades de peces y en cambio sí refleja los resultados de la empeñosa rivalidad o competencia entre los pescadores dedicados a la captura de la misma especie.

Dos tipos de "competencia" se presentan en una pesquería. El primer tipo es el que se opera cuando los barcos trabajan en la misma área pero no simultáneamente; entonces el primero que llega obtiene pescado en cantidad, en un grado que afecta la pesca de la próxima embarcación por el hecho de quedar menos peces. Esta clase de "competencia" viene a ser la medida de la merma del stock promedio, lo que en las estadísticas aparece reflejado como *promedio* de la abundancia aparente.

El segundo tipo de "competencia" es la *interferencia* que puede tener

lugar entre barcos que pescan en las mismas zonas. Si en el caso de que no haya interferencia, el porcentaje instantáneo de mortalidad (i) es igual al producto de una constante (k) y al número de unidades de pesca (f), de modo que

$$i = kf \qquad (15)$$

bajo esta clase de competencia $i < kf$. Sin embargo, según lo ha expuesto J. L. Hart (Ricker, 1940, página 67), un aumento en el número de embarcaciones dedicadas a una pesquería pelágica, puede tener ciertos efectos benéficos, tal como facilitar la localización de cardúmenes. Esto podría aplicarse a la pesquería del atún tropical. También los pescadores se comunican entre sí y tratan de moverse hacia las áreas que ofrecen mejor pesca, de manera que hay períodos en que "i" puede ser mayor que "kf", lo que tendería a contrarrestar las variaciones en la mortalidad instantánea ocasionadas por la interferencia entre los barcos, y así los efectos de este tipo de competencia pueden ser compensados en la pesquería de atún.

El asunto puede ser todavía abordado en otra forma, mediante el uso de los datos presentados. Si se supone que ni la abundancia del atún aleta amarilla ni la del barrilete es afectada por el volumen de la pesca, pero que cuando el número de unidades del equipo de pesca aumenta, ésto hace crecer la interferencia material entre unas y otras, el resultado será una disminución en la pesca standard por día de actividad en la obtención de ambas especies. El hecho de que hayan cambios en la pesca standard del atún aleta amarilla, por día de actividad, relacionados con los cambios en el esfuerzo de pesca, mientras que, con respecto al barrilete no hay evidencia de que exista una relación similar, ofrece una prueba convincente de que la interferencia entre los equipos de pesca no ha sido un factor importante como para afectar la pesca por unidad de esfuerzo dirigida a la obtención del atún aleta amarilla.

Efectos Económicos de la Distribución Geográfica del Esfuerzo de Pesca y Efectos de la Abundancia de Atún Aleta Amarilla sobre la Pesca del Barrilete en Areas más Distantes

El análisis de los records cuantitativos de que se dispone sobre la pesquería del atún aleta amarilla y barrilete también nos permite penetrar en ciertos aspectos económicos de la explotación, particularmente el de la forma en que las pesquerías se extienden, que ha sido tratada por Gordon con cierta extensión (1953, 1954). Es un principio fundamental el que los pescadores se esfuercen en lograr el máximum de utilidades, de modo que sólo en la seguridad de obtener buenas compensaciones económicas se deciden a extender el área geográfica de sus actividades. Al comienzo de una pesquería, el pescador tiende a permanecer en las áreas más cercanas al puerto de base, mientras el rendimiento por unidad de esfuerzo exceda el costo de unidad. No obstante, conforme la pesquería continúa creciendo

en intensidad y la abundancia de peces en las cercanías declina, el pescador debe pensar en buscar zonas de mayor abundancia o en esforzarse en que sus operaciones tengan mayor efectividad, si quiere mantener su posición económica. Generalmente le resulta más fácil ir a pescar a puntos más distantes, pero esto también aumenta sus costos, y sus pescas han de ser algo más fructuosas para compensar sus mayores gastos. Consecuentemente, en una pesquería bien desarrollada que ha alcanzado plena expansión, es de esperar que las embarcaciones más grandes, capaces de pescar a largas distancias, logren mejor producción de pescado por unidad de esfuerzo de pesca, aún después de las correcciones por los factores de eficiencia, que los barcos pequeños con menos posibilidad de recorrido; y que se establezca una gradiente de abundancia en proporción directa a la distancia desde el puerto de base. Una buena ilustración de esto ofrece la pesquería del lenguado (halibut) del Pacífico, tratada por Thompson y Bell (1934). Véase la Figura 6, página 17 de su publicación. La Figura 22 presenta el caso, aunque no tan claramente, en cuanto a la pesquería del atún tropical; dicha figura presenta la pesca standard por día de actividad en la obtención de atún aleta amarilla y barrilete, por sub-áreas en la región oriental del Océano Pacífico, de norte a sur, durante el período 1947 a 1954. De estos datos se desprende que después de 1951, cuando la pesquería había adquirido una estabilidad casi completa, los barcos de carnada con base en California encontraron, en promedio, más altas densidades de atún aleta amarilla y barrilete, en conjunto, conforme alargaban la distancia desde el puerto.

En la pesquería de atún, después de que las acumulaciones de atún aleta amarilla correspondientes a los años de guerra habían sido explotadas, y la abundancia promedio comenzó a declinar, los barcos de carnada más grandes, que dependían principalmente de esta especie, sufrieron tirantez económica. Ante niveles más bajos de abundancia del atún aleta amarilla, vino a ser provechoso para estos barcos la captura del barrilete, el cual había sido anteriormente relegado con bastante frecuencia para dar preferencia a la pesca de aquél. Los barcos de las clases más grandes que operan en áreas apartadas, pescaron entonces más y más barrilete conforme mermaba la abundancia de atún aleta amarilla. Este cambio hacia el barrilete en las áreas más distantes está bien indicado en la Figura 22 que muestra las fluctuaciones en la pesca standard por día de actividad en la captura de barrilete, en relación con el atún aleta amarilla en las Islas Galápagos, en donde comenzó en los alrededores de 1950, y en la región al sur de los 5° N. de latitud, desde 1952.

CONCLUSIONES

Dentro de los límites de las diversas condiciones referentes a las relaciones de la población y a las medidas aplicadas, puede llegarse a conclusiones concernientes a los efectos de la pesca sobre los stocks de atún aleta amarilla y barrilete del Pacífico Oriental, considerados en conjunto, y a

sentar una opinión acerca del estado de dichos stocks entre 1953 y 1954, en cuanto al nivel de rendimiento máximo sostenible.

Atún Aleta Amarilla

La forma en que la abundancia aparente de esta especie manifiesta sus marcados cambios en razón inversa a los cambios operados en el esfuerzo de pesca, indica que la pesquería ha tenido un efecto real sobre el stock de atún aleta amarilla durante el período en estudio. Esta es, desde luego, la inevitable consecuencia de una efectiva explotación, y sólo demuestra que la proporción de la pesca es lo suficientemente alta como para afectar notoriamente el tamaño promedio de la población. La falla que significa que la pesca total no aumente, mientras se intensifica el esfuerzo de pesca y merma la abundancia aparente, como ha ocurrido en los últimos años, sugiere también que el volumen de las actividades, en algunos de esos años, puede haber alcanzado, y quizás sobrepasado ligeramente el nivel correspondiente al máximo rendimiento de equilibrio. Si esto es cierto, no puede esperarse que un aumento en el esfuerzo de pesca tenga como resultado un rendimiento a nivel más alto que el que ya ha sido conseguido[1].

Estas conclusiones respecto de los efectos de la pesca se refieren a las condiciones *promedio* de la población de atún aleta amarilla del Pacífico Oriental, considerándola en su totalidad. Bien puede ser que este stock esté dividido en sub-poblaciones y que la pesquería no resulte pareja en estas unidades en cuanto a sus resultados.

Barrilete

Los resultados son bastante diferentes con el barrilete. La pesca standard por día de actividad ofrece marcadas fluctuaciones que no parecen estar relacionadas con la intensidad de la pesca, pero sí con las variaciones en la disponibilidad, debido, ya sea a cambios en los hábitos de los peces, a cambios en el medio ambiente, o bien a la presencia de clases anuales dominantes. De allí que se considere que la proporción de la pesca que al presente se realiza no es lo suficientemente grande como para tener efectos sensibles en el tamaño promedio de la población de barrilete, y que es biológicamente posible aumentar mucho más el promedio de la producción anual de esta especie en forma duradera.

---

[1] Un análisis más preciso de los datos del atún aleta amarilla, basado en una teoría algo más avanzada sobre la dinámica de las poblaciones, y que contiene estimaciones del nivel del rendimiento máximo, será objeto de otro Boletín que se publicará próximamente.

LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA

Baranov, F. I.
1918 On the question of the biological foundation of fisheries. (In Russian).
Nauchnyi Issledovatel'skii Ikhtiologicheskii Institut, Izvestia, Vol. 1, No. 1, pp. 81-128.

Blunt, C. E.
1954 Two mid-Pacific recoveries of California-tagged albacore.
Calif. Fish and Game, Vol. 40, No. 3, p. 339.

Brock, Vernon E.
1954 Some aspects of the biology of the aku, *Katsuwonus pelamis,* in the Hawaiian Islands.
Pac. Sci., Vol. 8, No. 1, pp. 94-104.

Burkenroad, Martin D.
1948 Fluctuation in abundance of Pacific halibut.
Bull. Bingham Oceanogr. Coll., Vol. 11, Art. 4, pp. 81-129.

California Bureau of Marine Fisheries
1952 The commercial fish catch of California for the year 1950 with a description of methods used in collecting and compiling the statistics.
Calif. Dept. Fish and Game, Fish Bull. No. 86, 120 pp.

Dickie, L. M. and F. D. McCracken
1955 Isopleth diagrams to predict equilibrium yields of a small flounder fishery.
Fish. Res. Bd. Canada, Jour., Vol. 12, No. 2, pp. 187-209.

Ganssle, David and Harold B. Clemens
1953 California-tagged albacore recovered off Japan.
Calif. Fish and Game, Vol. 39, No. 4, p. 443.

Godsil, H. C.
1938 The high seas tuna fishery of California.
Calif. Div. Fish and Game, Fish. Bull. No. 51, 41 pp.
1948 A preliminary population study of the yellowfin tuna and the albacore.
Calif. Div. Fish and Game, Fish. Bull. No. 70, 90 pp.

Godsil, H. C. and E. C. Greenhood
1951 A comparison of the populations of yellowfin tuna, *Neothunnus macropterus,* from the Eastern and Central Pacific.
Calif. Dept. Fish and Game, Fish Bull. No. 82, 33 pp.

Gordon, H. Scott
1953 An economic approach to the optimum utilization of fishery resources.
Fish. Res. Bd. Canada, Jour., Vol. 10, No. 7, pp. 442-457.

1954 The economic theory of a common-property resource: the fishery.
Jour. Polit. Econ., Vol. 62, No. 2, pp. 124-142.

Graham, Michael
1935 Modern theory of exploiting a fishery, and applications to North Sea trawling.
Cons. Perm. Int. Expl. Mer., Jour., Vol. 10, No. 3, pp. 263-274.
1939 The sigmoid curve and the overfishing problem.
Cons. Perm. Int. Expl. Mer., Rapp. et Proc. Verb., Vol. 110, pp. 15-20.
1956 Concepts of conservation.
Papers presented at the International Technical Conference on the Conservation of the Living Resources of the Sea (Rome, 18 April to 10 May, 1955), United Nations, New York, 1956, pp. 1-13.

Gulland, J. A.
1955 Estimation of growth and mortality in commercial fish populations.
United Kingdom Min. of Agric. and Fish., Fish. Invest. Series 2, Vol. 18, No. 9, 46 pp.

Huntsman, A. G.
1953 Fishery management and research.
Cons. Perm. Int. Expl. Mer., Jour., Vol. 19, No. 1, pp. 44-55.

Juhl, Rolf
1955 Notes on the feeding habits of subsurface yellowfin and big-eye tunas of the Eastern Tropical Pacific Ocean.
Calif. Fish and Game, Vol. 41, No. 1, pp. 99-101.

June, Fred C.
1950 Preliminary fisheries survey of the Hawaiian-Line Islands area. Part 1. The Hawaiian long-line fishery.
U. S. Fish and Wildlife Service, Comm. Fish. Rev., Vol. 12, No. 1, pp. 1-23.

Ketchen, K. S.
1953 The use of catch-effort and tagging data in estimating a flatfish population.
Fish. Res. Bd. Canada, Jour., Vol. 10, No. 8, pp. 459-485.

Margetts, A. R. and S. J. Holt
1948 The effect of the 1939-1945 war on the English North Sea trawl fisheries.
Cons. Perm. Int. Expl. Mer., Rapp. et Proc. Verb., Vol. 122, pp. 27-46.

Marr, John C.
1951 On the use of the terms abundance, availability, and apparent abundance in fishery biology.
Copeia, No. 2, pp. 163-169.

Moore, Harvey L.
1951 Estimation of age and growth of yellowfin tuna *(Neothunnus macropterus)* in Hawaiian waters by size frequencies.
U. S. Fish and Wildlife Service, Fish. Bull., Vol. 52, No. 65, pp. 133-149.

Nakamura, Hiroshi
1936 On the food habits of yellowfin tuna, *Neothunnus macropterus* (Schlegel), from the Celebes Sea.
Trans. Nat. Hist. Soc. Formosa, Vol. 26, No. 148, pp. 1-8.
(Translated by W. Van Campen, U. S. Fish and Wildlife Service, Spec. Sci. Rept.: Fisheries, No. 23, April, 1950, 8 pp.).

1949 The tunas and their fisheries.
Takeuchi Shobo, Tokyo, 1949. (Translated by W. Van Campen, U. S. Fish and Wildlife Service, Spec. Sci. Rept.: Fisheries, No. 82, August, 1952, 115 pp.).

Nicholson, A. J.
1933 The balance of animal populations.
Jour. Animal Ecol., Vol. 2, pp. 132-178.

Pacific Fisherman
1913 Vol. 11, No. 12, Seattle.
1914 Vol. 12, No. 11, Seattle.

Pacific Fisherman Yearbook
1949 Vol. 47, No. 2, Seattle.

Reintjes, John W. and Joseph E. King
1953 Food of yellowfin tuna in the Central Pacific.
U. S. Fish and Wildlife Service, Fish. Bull., Vol. 54, No. 81, pp. 91-110.

Ricker, William E.
1940 Relation of "catch per unit effort" to abundance and rate of exploitation.
Fish. Res. Bd. Canada, Jour., Vol. 5, No. 1, pp. 43-70.

1954 Effects of compensatory mortality on populations.
Jour. Wildlife Management, Vol. 11, No. 1, pp. 45-51.

Roedel, Phil M.
1954 California's tuna and yellowtail tagging program.
Trans. Nineteenth North American Wildlife Conf. (March 8, 9, 10, 1954), Wildlife Management Inst., Washington, D. C., 1954, pp. 405-417.

Royce, W. F.
1953 Preliminary report on a comparison of the stocks of yellowfin tuna.
Proc. Indo-Pac. Fish. Council, Sec. 2, pp. 130-145.

Russell, E. S.
1931 Some theoretical considerations on the "overfishing" problem.
Cons. Perm. Int. Expl. Mer, Jour., Vol. 6, No. 1, pp. 3-20.

1942 The overfishing problem.
Cambridge University Press, London, 1942, 130 pp.

Schaefer, Milner B.
1952 Comparison of yellowfin tuna of Hawaiian waters and of the American West Coast.
U. S. Fish and Wildlife Service, Fish. Bull., Vol. 52, No. 72, pp. 353-373.

1954 Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 1, No. 2, pp. 27-55.

1955a Report on the investigations of the Inter-American Tropical Tuna Commission for the year 1954.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Ann. Rept. for 1954, pp. 24-59.

1955b Morphometric comparison of yellowfin tuna from Southeast Polynesia, Central America and Hawaii.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 1, No. 4, pp. 91-136.

1956 Scientific basis for a conservation program.
Papers presented at the International Conference on the Conservation of the Living Resources of the Sea (Rome, 18 April to 10 May, 1955), United Nations, New York, 1956, pp. 14-55.

Schaefer, Milner B. and John C. Marr
1948 Spawning of yellowfin tuna *(Neothunnus macropterus)* and skipjack *(Katsuwonus pelamis)* in the Pacific Ocean off Central America, with descriptions of juveniles.
U. S. Fish and Wildlife Service, Fish. Bull., Vol. 51, No. 44, pp. 187-195.

Schaefer, Milner B. and Craig J. Orange
1956 Studies of the sexual development and spawning of yellowfin tuna *(Neothunnus macropterus)* and skipjack *(Katsuwonus pelamis)* in three areas of the Eastern Pacific Ocean, by examination of gonads.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 1, No. 6, pp. 281-349.

Schuck, Howard A.
1949 Relationship of catch to changes in population size of New England haddock.
Biometrics, Vol. 5, No. 3, pp. 213-231.

Scofield, W. L.
1951 Purse seines and other roundhaul nets in California.
Calif. Dept. Fish and Game, Fish Bull., No. 81, 83 pp.

Snedecor, George W.
1946 Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology. Fourth edition.
Iowa State College Press, Ames, Iowa, 1946, 485 pp.

Thompson, William F.
1916 Statistics of the halibut fishery in the Pacific: their bearing on the biology of the species and the condition of the banks.
British Columbia Commissioner of Fisheries, Rept., 1915, pp. 65-126.

1937 Theory of the effect of fishing on the stock of halibut.
Int. Fish. Comm., Rept. No. 12, 22 pp.

1950 The effect of fishing on stocks of halibut in the Pacific.
University of Washington Press, Seattle, Wash., 1950, 60 pp.

Thompson, William F., Dunlop, Harry A., and F. Heward Bell
1931 Biological statistics of the Pacific halibut fishery. (1) Changes in yield of a standardized unit of gear.
Int. Fish. Comm., Rept. No. 6, 108 pp.

Thompson William F. and F. Heward Bell
1934 Biological statistics of the Pacific halibut fishery. (2) Effects of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear.
Int. Fish. Comm., Rept. No. 8, 49 pp.

Welsh, J. P.
1949 A preliminary study of food and feeding habits of Hawaiian kawakawa, mahimahi, ono, aku, and ahi.
Hawaii (Terr.) Div. Fish and Game, Fish. Prog. Rept., Vol. 1, No. 2, 22 pp. (In Fish and Game, Spec. Bull. No. 2, 1950).

Wilson, Robert C.
1953 Tuna marking, a progress report.
Calif. Fish and Game, Vol. 39, No. 4, pp. 429-442.

Wilson, Robert C. and Bell M. Shimada
1955 Tuna longlining: results of a cruise to the Eastern Tropical Pacific Ocean.
Calif. Fish and Game, Vol. 41, No. 1, pp. 91-98.